

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-281390

(43)Date of publication of application : 31.10.1997

(51)Int.Cl. G02B 15/16
G02B 13/18

(21)Application number : 08-086616 (71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 09.04.1996 (72)Inventor : MUKOYA HITOSHI
HORIUCHI AKINAGA

(54) REAR FOCUS TYPE ZOOM LENS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To secure space for a back focus by providing a zoom lens with 1st to 4th lens groups being positive-negative-positive and positive in order from an object side performing focusing by moving the 4th lens group providing the 3rd lens group with a negative lens whose concave surface is faced to the object side on the closest side to the object and satisfying a specified conditional expression.

SOLUTION: This zoom lens is provided with the 1st lens group L1 having positive refractive power the 2nd lens group L2 having negative refractive power the 3rd lens group L3 having the positive refractive power and the 4th lens group L4 having the positive refractive power in order from the object side.

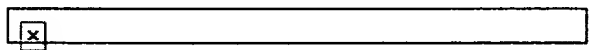
Zooming is performed by moving the 2nd and the 4th lens groups L2 and L4 and focusing is performed by moving the 4th lens group L4. The 3rd lens group L3 is provided with the negative lens whose concave surface is faced to the object

side on the closest side to the object and satisfies the expression assuming that length obtained by converting the distance from the final surface to the image surface of the zoom lens at an wide-angle end infinity object into air is BF the focal distance of the entire system at a wide angle end is an F-number and half viewing angles are ω and ω' .

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] The 1st lens group that has positive refracting power in order from the object side the 2nd lens group that has negative refracting power It has the 3rd lens group that has positive refracting power and the 4th lens group that has positive refracting power It is a rear focus type zoom lens which moves said 2nd lens group and said 4th lens group performs zooming moves said 4th lens group and performs a focus Said 3rd lens group has the negative lens which turned a concave surface to the object side most to the object side When a focal distance of the whole system [in / for length when distance from a final surface of this zoom lens in a wide angle end infinite distance object to the image surface is converted into air / BF and a wide angle end] is set with the f number and a half-field angle is respectively set with $f_w F_N$ and ω [External Character 1]



The zoom lens of the rear focus type satisfying the becoming conditional expression.

[Claim 2] A curvature radius of a lens side by the side of an object of said negative lens R_{31f} A rear focus type zoom lens of Claim 1 which satisfies $-0.60 < R_{31f} / f_3 < 0.30$ / conditional expression which becomes $f_3 < -0.100.30 < R_{31f} / f_3 < 0.90$ when a focal distance of said negative lens and said 3rd lens group is respectively made into f_{31f} and f_3 .

[Claim 3] A zoom lens of a rear focus type of Claim 1 wherein said 3rd lens group

has a cemented lens of positive refractive power at least.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]Securing the long back focus that a color separation prism enters between a lens and CCDabout the zoom lens of a rear focus typemoreover its front ball diameter is small at a high variable power ratioand especially this invention relates to the zoom lens of a large caliber rear focus type.

[0002]

[Description of the Prior Art]These daysin connection with small weight savings such as a home video cameraremarkable progress is looked at by the miniaturization of the zoom lens for an image pick-upand power is especially directed towards shortening of an overall lengththe miniaturization of a front ball diameterand simplification of composition.

[0003]The zoom lens of what is called a rear focus type which moves lens groups other than the 1st lens group by the side of an objectand performs a focus as one means to attain these purposes is known.

[0004]Generallycompared with the zoom lens which the zoom lens of a rear focus type moves the 1st lens groupand performs a focusthe effective diameter of the 1st lens group becomes smalland the miniaturization of the whole lens system becomes easy. Since close photographingespecially pole close photographing become possible and the further comparatively small lightweight lens group is movedthe driving force of a lens group is smalland endsand quick focusing is made.

[0005]As a zoom lens of such a rear focus typefor exampleJPS62-206516AThe 1st lens group more positive than the object side to order with JPS62-215225A and JPS62-24213AHave the 2nd negative lens groupthe 3rd positive lens

group and the 4th positive lens group move the 2nd lens group to perform variable power and the image surface fluctuation accompanying variable power is amended by the 4th lens group and the zoom lens which performs focusing is indicated.

[0006] In JPH4-43311A, JPH4-153615A, JPH5-19165A, JPH5-27167A and JPH5-60973A, the example which comprised one convex lens or two convex lenses in the 4th lens group is indicated. In JPH5-60974A, the zoom lens which comprised two sheets of unevenness of the 4th lens group is indicated.

[0007] JPS55-62419A, JPS62-24213A, JPS62-215225A, JPS56-114920A, In gazettes such as JPH3-200113A, JPH4-242707A, JPH4-343313A and JPH5-297275A, the 3rd group and the 4th group are indicating that each becomes with the two-sheet composition of a positive lens and a negative lens in the working example.

[0008] High definition-ization of a video camera is progressing with highly-efficient-izing (digitization) of a video cassette recorder. Decomposition of the picture by a color separation optical system has attained high definition as the one method. And there are gazettes such as JPH5-72474A, JPH6-51199A, JPH6-337353A, JPH6-347697A, JPH7-199069A and JPH7-270684A as a lens suitable for it.

[0009]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As stated above, in order to attain the miniaturization of a front ball diameter and the whole system generally in the zoom lens, what is called a rear focus system is suitable rather than distance doubling by the 1st lens group.

[0010] However, in JPH4-026811A and JPH4-88309A, it was difficult to arrange a color separation prism in the composition.

[0011] JPH4-43311A, JPH4-153615A, JPH5-19165A, JPH5-27167A, And when a zoom ratio is about 8 times from 6 times and became a high double zoom lens beyond this with these zoom lenses currently indicated by JPH5-60973A, it was difficult for change by the variable power of a chromatic aberration to become

large too much to be unable to amend and to demonstrate sufficient optical performance. high twice with a zoom ratio too as sufficient also in the example currently indicated by JPH5-60974A as an 8 time class ---izing was not attained. [0012] It was unsuitable in order for lens barrel structure to become complicated in the example currently indicated by JPS55-62419A, JPS56-114920A and JPH3-200113A in order that the 1st group or the 3rd group may also move in connection with variable power and to attain a miniaturization. JPH4-242707A and JPH4-343313A In the example currently indicated by JPH5-297275A since the 3rd group has composition with big air spacing and the refracting power of the negative lens in the 3rd group is still weaker in order to apply to a high variable power zoom lens the type which can fully amend the chromatic aberration generated by the 3rd group does not become. Furthermore Since it is effective in the formation of a tele photograph since the concave meniscus lens in the 3rd group has the composition of having turned the concave surface strong against the image surface side in the example proposed by JPH5-297275A but it is composition unsuitable for a concave lens receiving the high order flare components generated with the convex lens a large caliber It is a disadvantageous type for a high variable power zoom lens.

[0013] JPH5-72474A, JPH6-51199A the example currently indicated in gazettes such as JPH6-337353A, JPH6-347697A, JPH7-199069A and JPH7-270684A -- the working example -- each -- high twice with a too as sufficient zoom ratio as about 10 to 12 times ---izing was not attained.

[0014] The purpose of this invention improves the fault of the above-mentioned conventional example and about improvement of JPH7-270684A of this people proposal especially The back focus space containing optical elements such as prism for color separation or the optical element aiming at protection of a zoom lens part is fully secured It aims at providing and setting the zoom lens of the rear focus type which planned about 16-time high variable power with a large caliber and providing the removable video camera of this zoom lens maintaining good optical performance covering all the zoom areas and whole object distance.

[0015]

[Means for Solving the Problem]The 1st lens group that this invention is a basis of this purpose and has positive refracting power in order from the object sideThe 2nd lens group that has negative refracting powerthe 3rd lens group that has positive refracting powerIt is a rear focus type zoom lens which has the 4th lens group that has positive refracting powermoves said 2nd lens group and said 4th lens groupperforms zoomingmoves said 4th lens groupand performs a focusSaid 3rd lens group has the negative lens which turned a concave surface to the object side most to the object sideWhen a focal distance of the whole system [in / for length when distance from a final surface of this zoom lens in a wide angle end infinite distance object to the image surface is converted into air / BF and a wide angle end] is set with the f number and a half-field angle is respectively set with f_w F_{NW} and ω [0016]

[External Character 2]



The becoming conditional expression is satisfied.

[0017]namelythe light flux emitted in the 2nd lens group -- abbreviated -- by considering the 3rd lens group for supposing that it is afocal as the retro type which a negative lens precedesand specifying face shape. The axial ray height which enters more the principal point interval of the 2nd lens group and this 3rd lens group into the 3rd lens group of a difference is made higher by arranging so that the principal point interval of the 3rd group may be kept away from the 2nd group. Thereforethe focal distance of the 4th group for making the focal distance of the whole system into the specified quantity can be lengthenedand the back focus as working distance is lengthened. namelythe light flux which comes out of the 3rd lens group -- abbreviated -- since it is afocalif the length of a back focus is calculated by a principal point system -- about -- it becomes the same as the focal distance of the 4th lens group. Thereforein order to fix the focal distance of the whole system and to lengthen the focal distance of the 4th lens groupit turns

out that what is necessary is just to make high axial Uemitsu height h in the 3rd lens group as shown by drawing 19.

[0018] Especially a curvature radius of a lens side by the side of an object of said negative lens R_{31f} When a focal distance of said negative lens and said 3rd lens group is respectively made into f_{31f} and f_3 -Good aberration is made to be acquired while satisfying $0.60 < R_{31f} / f_{31f}$ conditional expression which becomes $f_3 < -0.100.30 < R_{31f} / f_{31f} < 0.90$ and securing a back focus.

[0019] The further feature is indicated to the following explanation.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Next it explains concretely using working example of this invention.

[0021] The lens sectional view of numerical working example 1-9 where the zoom lens of the rear focus type of this invention mentions drawing 1 - drawing 9 later drawing 10 - drawing 18 show the several aberration figure of each working example respectively. In each aberration figure A shows the aberration figure in a wide angle end and an aberration figure [in / in B / middle] and a several aberration figure [in / in C / a tele edge].

[0022] As for the inside L1 of a figure the 1st lens group of positive refracting power the 2nd lens group of refracting power negative in L2 the 3rd lens group of refracting power positive in L3 and L4 are the 4th lens group of positive refracting power. SP is an aperture diaphragm and is stationed just before the 3rd lens group L3. GA is cover glass aiming at protection of a zoom lens and GB(s) are glass blocks such as a color separation prism, a faceplate of CCD and a low pass filter. From L1 to GA is a zoom lens part and is fixed to the camera body via mount member C. Therefore the image surface side is contained in a camera body after GB.

[0023] In this example on the occasion of the variable power from a wide angle end to a tele edge the 2nd lens group is moved to the image surface side like an arrow and the 4th lens group was moved and the image surface fluctuation accompanying variable power is amended. The rear focus type which moves the

4th lens group on an optic axis and performs a focus is adopted. It is made to move so that it may have a convex locus to the object side on the occasion of the variable power from a wide angle end to a tele edge as shown especially in the curves 4a and 4b of drawing 1. This aimed at effective use of the space of the 3rd lens group and the 4th lens group and shortening of whole length of the lens is attained effectively. The curve 4a of the solid line of the 4th lens group and the curve 4b of a dotted line which are shown in the figure show the moving track for amending the image surface fluctuation at the time of following on the variable power from a wide angle end when carrying out the focus to the infinite distance object and the short distance object respectively to a tele edge. The 1st lens group and the 3rd lens group are immobilization in the case of variable power and a focus.

[0024] In numerical working example 1-3 and 9 the 3rd lens group comprises a cemented lens of the negative refracting power which consists of negative and positive and a cemented lens of the positive refracting power which consists of positive and negative and constitutes the retro type positive lens group as a whole. And as for the cemented lens of negative refracting power the lens side by the side of an object has turned the concave surface to the object side. In this way it contributes to giving the role which keeps away the principal point position of the 3rd lens group from the 2nd lens group and lengthening a back focus. Especially compared with the image side negative power (a curvature radius is short) strong against the object side is given and the principal point position is located more back.

[0025] On the other hand as for the cemented lens of said positive refracting power the lens side by the side of the image surface has a strong refracting interface (a curvature radius is short) compared with the field by the side of the object of this cemented lens. It contributes to this cemented lens also bearing the role which keeps away the principal point position of the 3rd lens group from the 2nd lens group similarly and lengthening the focal distance of the 4th lens group therefore lengthening a back focus.

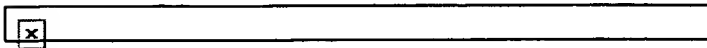
[0026]In numerical working example 4-8the 3rd lens group comprises a negative single lens and a positive single lensand constitutes the retro type positive lens group as a whole in a similar manner. Furthermoreit contributes to said negative single lens bearing the role which is a concave surface with a strong field by the side of an objectand keeps away the principal point position of the 3rd group from the 2nd groupand lengthening the focal distance of the 4th grouptherefore lengthening a back focus.

[0027]It contributes to said positive single lensbearing the role with which the field by the side of the image surface has a strong refracting interface (a curvature radius is short) compared with the field by the side of an objectand keeps away the principal point position of the 3rd lens group from the 2nd lens group on the other handand lengthening the focal distance of the 4th lens grouptherefore lengthening a back focus.

[0028]Thusin this examplethe back focus of the 3rd lens group to the extent that a negative lens is most arranged to the object sidea principal point position is back arranged for the lens side by the side of the object of this negative lens as a concave surface to the object side and a color separation prism can be arranged back is secured.

[0029]And while securing a back focusin order to maintain good aberrationWhen the focal distance of the whole system [in / for length when the distance from the final surface of this lens in the infinite distance object of a wide angle end to the image surface is converted into air / BF and a wide angle end]and an open F number and a half-field angle are respectively set to $f_w F_{NW}$ and ω [0030]

[External Character 3]



The becoming conditional expression is satisfied.

[0031]If the f number is made bright exceeding a lower limitit will become difficult for a high order spherical aberration and a coma aberration to occur and amend.

[0032]Exceeding upper limitif the f number becomes darkan axial ray bunch will

become thin and it becomes possible to miniaturize a color separation prism arranged by this between a final surface of this lens and the image surface. That is in spite of not lengthening a back focus it must lengthen and huge-ization of this whole length of the lens is imitated and it is **.

[0033] Although it is possible to take the purpose of this invention mutually and to ***** with the above composition it is desirable to satisfy the still more desirable following conditions.

[0034] (i) When [of the 3rd lens group] a focal distance of f_{31} and the 3rd lens group is most made [a curvature radius of a lens side by the side of an object] into f_3 for a focal distance of a negative lens of R_{31f} and the 3rd lens group most located in the object side it is $-0.60 < R_{31f}/f_3 < -0.10$. -- (2)

$$0.30 < R_{31f}/f_{31} < 0.90 \text{ -- (3)}$$

They are the becoming conditions.

[0035] The conditional expression (2) and (3) is a thing for [of the 3rd group] restricting curvature of a field by the side of the image surface most. It becomes difficult for concave curvature and a focal distance to become loose and to keep long enough a back focus which is the purpose of this invention if a maximum is exceeded. It becomes difficult to amend a high order spherical aberration generated when a bundle of rays emitted from the 2nd group in a wide angle end will enter into the 3rd group if a minimum is exceeded and it becomes impossible to attain highly efficient-ization.

[0036] (ii) said 3rd lens group -- most a positive lens (a cemented lens is included) to the image surface side [arrange and] When a focal distance of $R_{31r}R_{32r}$ this positive lens and said 3rd lens group is respectively made into f_{32} and f_3 for a curvature radius of a lens side by the side of an object of this positive lens and the image surface it is $1.0 < |R_{31r}/R_{32r}| < 5.0$. -- (4)

$$1.5 < f_3/f_{32} < 5.0 \text{ -- (5)}$$

It is satisfying a becoming conditional expression.

[0037] The conditional expression (4) and (5) is a thing for [of the 3rd lens group] restricting curvature of a field by the side of the image surface most. If a minimum

is exceeded it will become difficult to keep long enough a back focus which is the purpose of this invention it becomes difficult to amend a high order spherical aberration generated when entering into the 4th lens group that ejects the 3rd lens group and has a focal function if a maximum is exceeded and it becomes impossible to attain highly efficient-ization.

[0038] By the 1st lens group to the 2nd lens group to the 2nd lens group and the 3rd lens group (iii) Air spacing A focal distance of ω wide angle end a tele edge and said 4th lens group for a half-field angle θ in / for peace / L and a wide angle end θ respectively When air spacing of said 3rd lens group to $f_w f_4$ and an infinite distance object in a tele edge and the 4th lens group is set to D it is

$$0.66 < L/(f_t \text{ and } \tan \omega) < 1.17. \text{ -- (6)}$$

$$4.00 < f_4/f_w < 7.00 \text{ -- (7)}$$

$$0.10 < D/f_t < 0.30 \text{ -- (8)}$$

They are the becoming conditions.

[0039] A conditional expression (6) is what optimizes a relation of a zoom ratio for moving space for variable power of the 2nd lens group The negative PETTSU bar sum which will not change if negative refracting power is not strengthened in order to earn the amount of variable power burdens of the 2nd lens group if space for movement of as opposed to θ when upper limit is exceeded θ variable power is too large imitates huge-ization of an overall length comes and exceeds a lower limit and shows a curvature of field increases and it is not desirable.

[0040] A back focus becomes long more than needed if a conditional expression (7) optimizes the length of a back focus and upper limit is exceeded it will imitate huge-ization of an overall length and will come and if a lower limit is exceeded it will become difficult to secure a back focus long enough.

[0041] A conditional expression (8) is what optimizes a relation of a focal distance of movable space of the 4th group for a focus and a tele edge if large D is taken so that upper limit is exceeded huge-ization of an overall length will be imitated and it will come and undesirably if a lower limit is exceeded it will become impossible to secure sufficient space for a focus and trouble will appear in the

operativity of a zoom lens.

[0042] Now in order to fully amend a chromatic aberration of a tele edge the 2nd group. Although what is necessary is just to comprise at least two negative lenses and at least one positive lens in order to expand a principal point interval of the 2nd lens group and the 3rd lens group as mentioned above by this example it contributes to a thing of this 2nd lens group for which a negative lens is arranged and a back focus is lengthened most further at the image surface side.

[0043] In order to amend good aberration compensation especially a chromatic aberration good it is having at least one cemented lens in the 3rd group as shown in the 1-3rd and the 9th working example. As stated also in advance with high-definition-izing of a video camera a chromatic aberration which seldom became a problem conventionally especially the chromatic aberration of magnification became a problem and have amended this good.

[0044] In this example in order to make an image of the 1st lens group small an aperture diaphragm has been arranged just before the 3rd lens group but it does not interfere between the 3rd lens group and the 4th lens group or between a negative lens in the 34th lens group and a positive lens without restricting to this position.

[0045] a state of a beam of light which lengthens an exit pupil for the 3rd lens group as negative and positive at order and ejects a zoom lens in this example or an abbreviated call as it becomes centric. By making loose an angle of a beam of light which enters into a color separation prism arranged in the back reflection property change by wavelength of a color separation system is canceled and color reproduction nature of a deed picture is dramatically improved color separation faithful.

[0046] Like this lens with a lens of high magnification a focal distance of a tele terminal becomes very long and performance of a tele terminal and its neighborhood is greatly influenced by this 2nd group. And if an aspheric surface is introduced into this 2nd lens group it will become possible to improve optical performance.

[0047] Since it aims fundamental at amendment of a spherical aberration it is desirable for positive refracting power to serve as shape which becomes weak as an aspheric surface goes to a periphery of a lens.

[0048] In order to amend good aberration compensation especially a chromatic aberration good at least one positive lens in the 4th group is constituting from glass with which it is satisfied of $\nu_d > 64.0$. However ν_d is an Abbe number of glass.

[0049] It is the conditions for amending the chromatic aberration of magnification good and the chromatic aberration of magnification becomes an undershirt and this conditional expression does not have it if an Abbe number is made small exceeding a lower limit of a conditional expression. [preferred]

[0050] Below working example of this invention is indicated.

[0051] In numerical working example -- R_i -- the object side -- order -- it is a curvature radius of the i -th lens side and as for D_i the i -th lens thickness and air spacing n_i and ν_i are a refractive index and an Abbe number of glass of the i -th lens in order from the object side in the object side respectively.

[0052] R24 - R25 grade in R28-R29 in numerical working example 1 R26-R27 in numerical working example 23 and 9 and numerical working example 4-8 A cover glass part R26 - R29 grade in R28 - R31 numerical-value working example 4-8 in R30-R33 in numerical working example 1 and numerical working example 23 and 9 show glass block such as a color separation prism, a light filter and a faceplate.

[0053] Relation between the above-mentioned monograph affair type and many numerical values in numerical working example is shown in table-1.

[0054] When aspherical surface shape makes positive a direction of movement of the X-axis an optic axis and a perpendicular direction H axis and light in an optical axis direction and a paraxial curvature radius and each surface-of-a-sphere coefficient are set to K, B, C, D and E for R[0055]

[External Character 4]

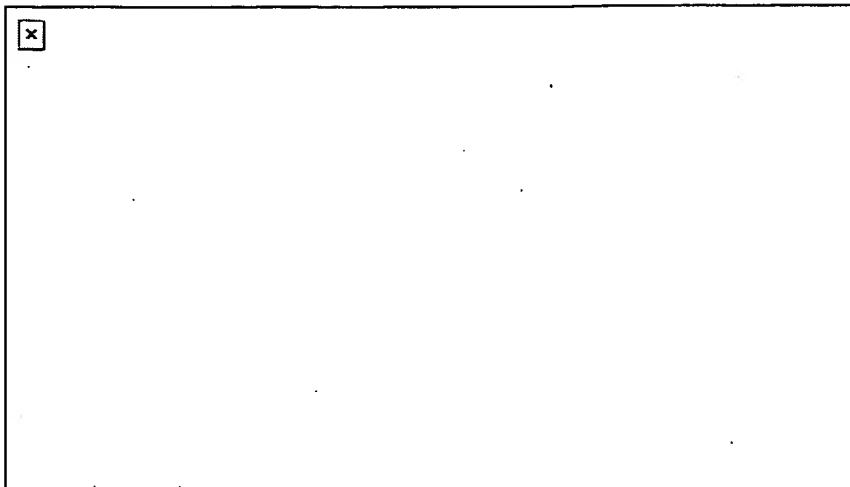
<input type="checkbox"/>

It expresses with the becoming formula.

[0056]For examplethe display of "e-0^x" means "10^{-x}."

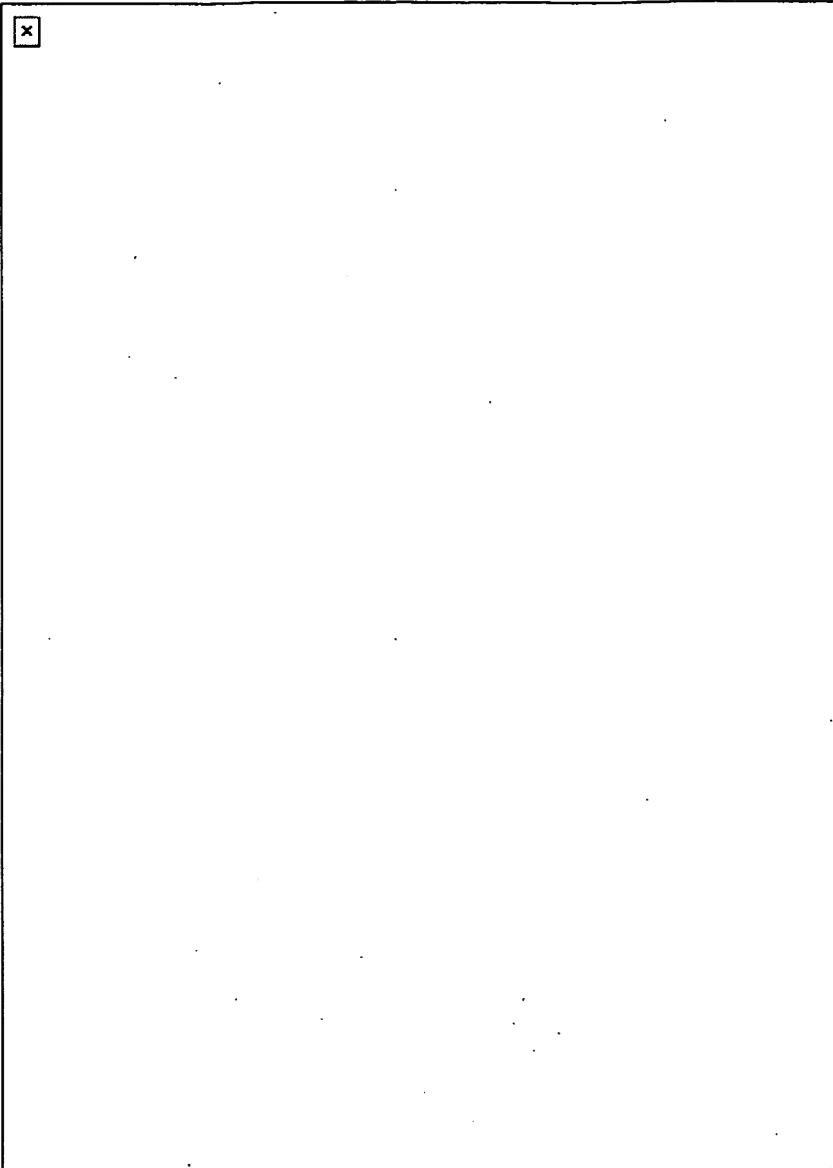
[0057]

[Table 1]



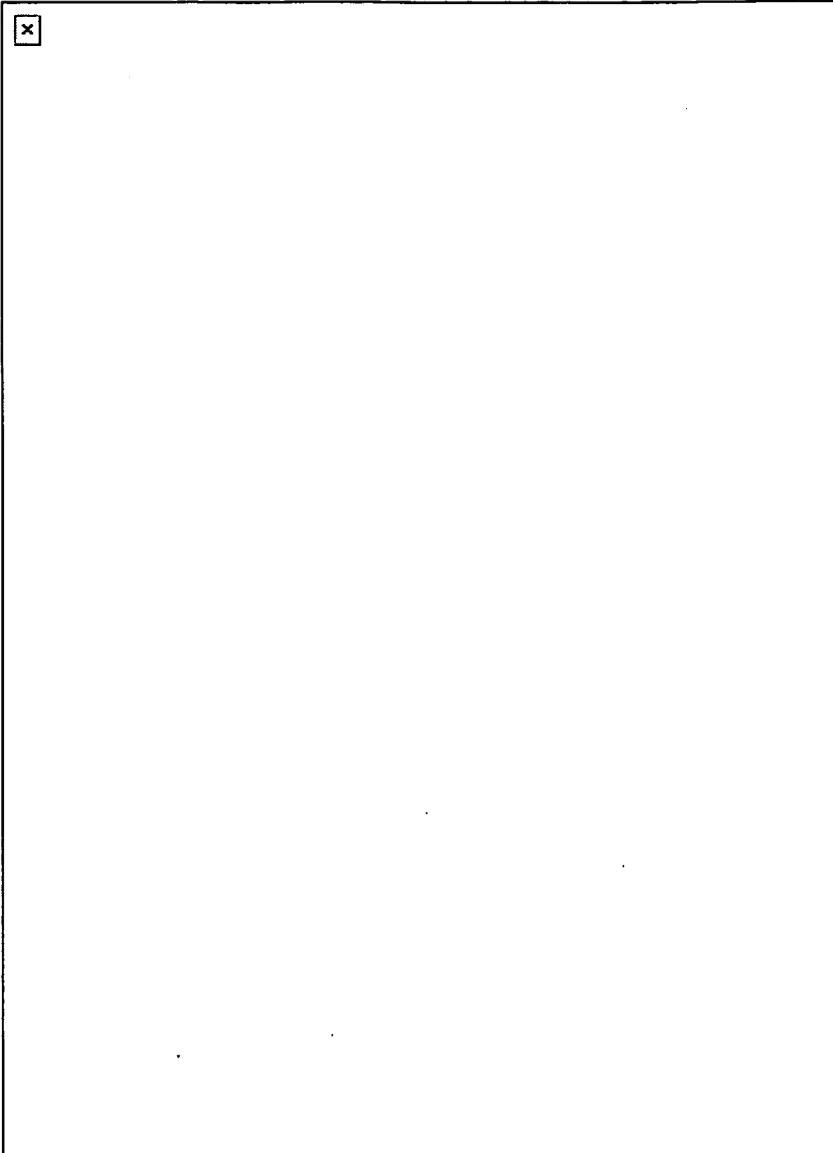
[0058]

[External Character 5]



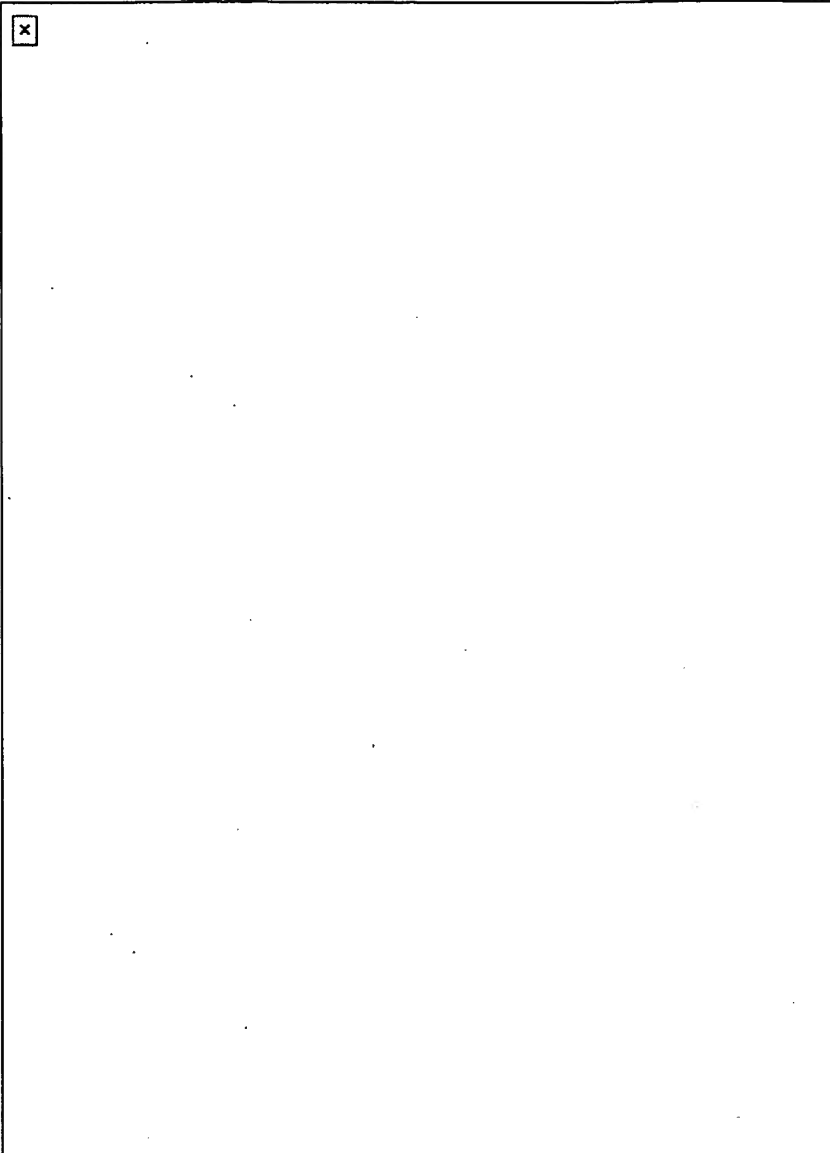
[0059]

[External Character 6]



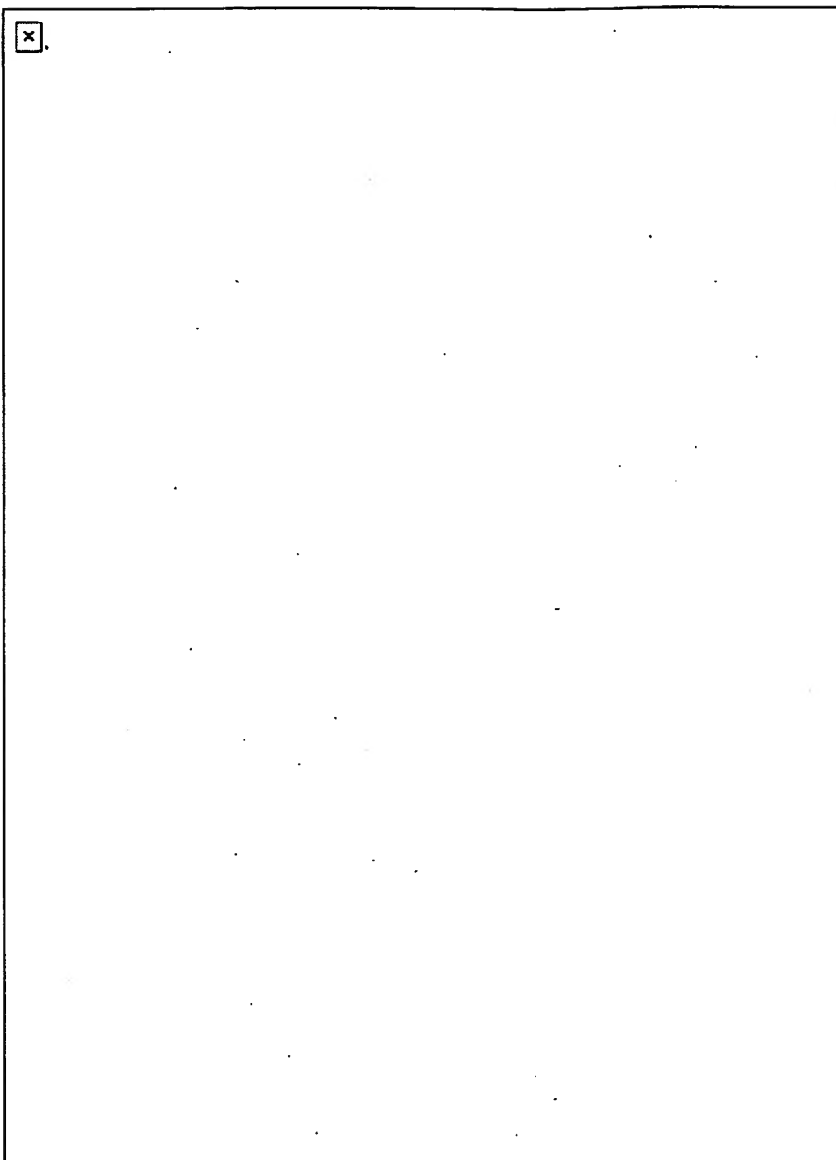
[0060]

[External Character 7]



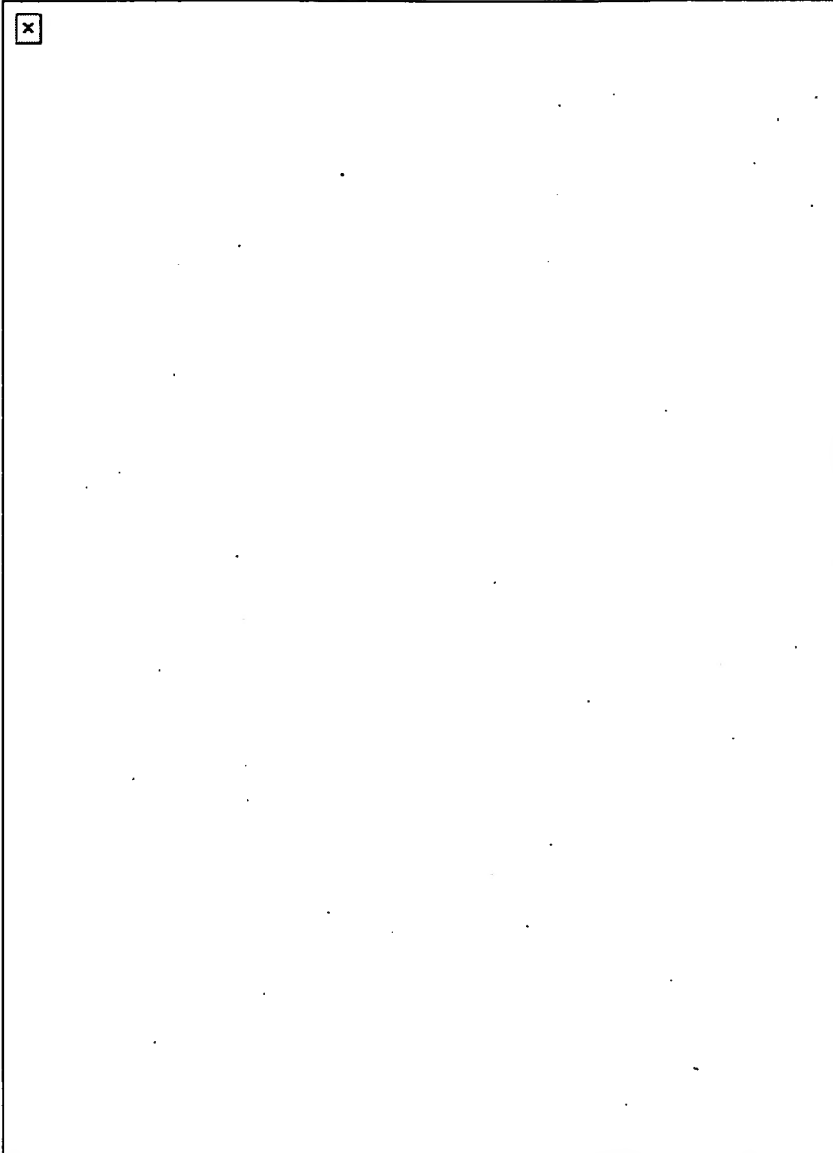
[0061]

[External Character 8]



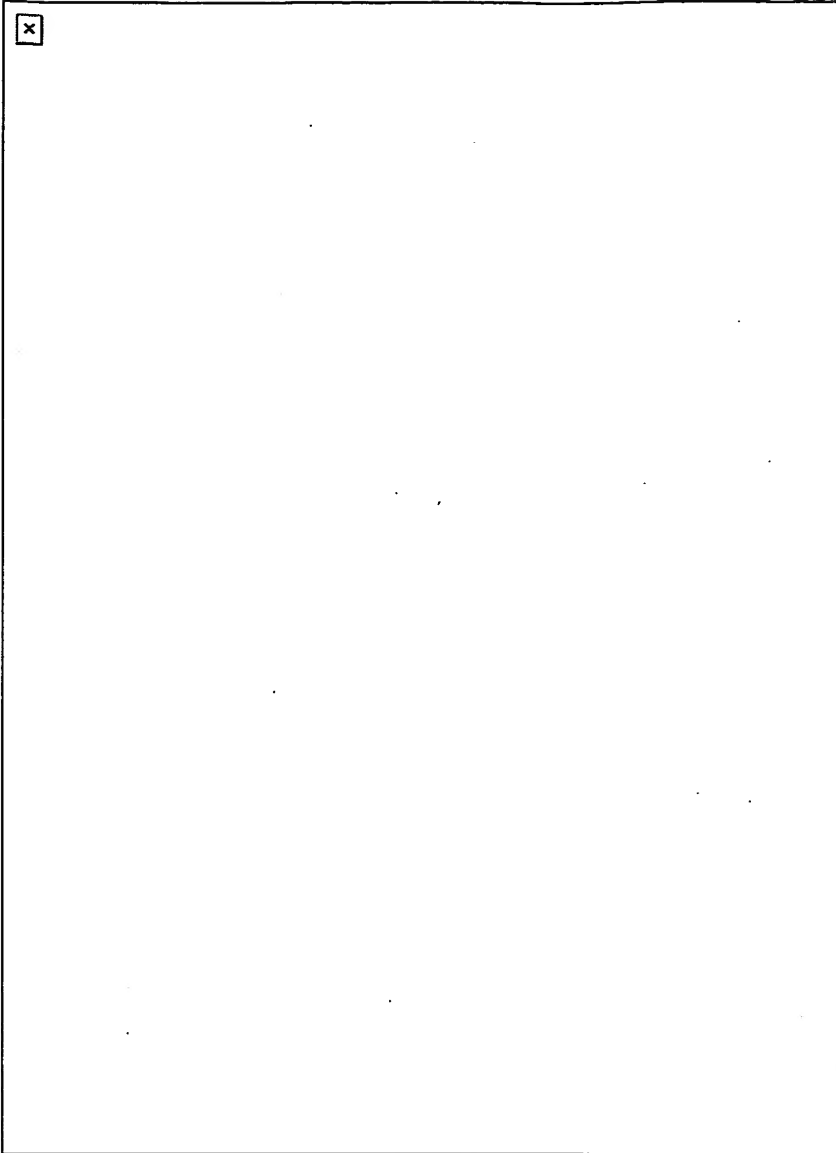
[0062]

[External Character 9]



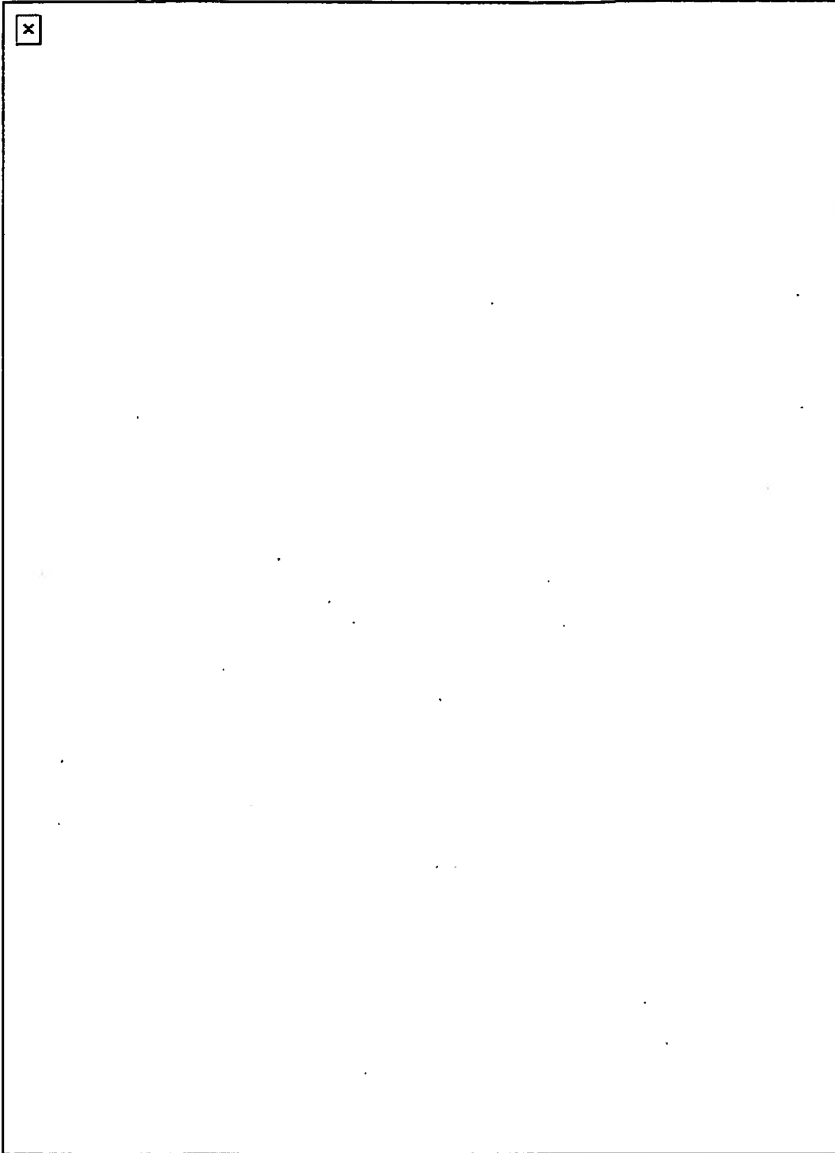
[0063]

[External Character 10]



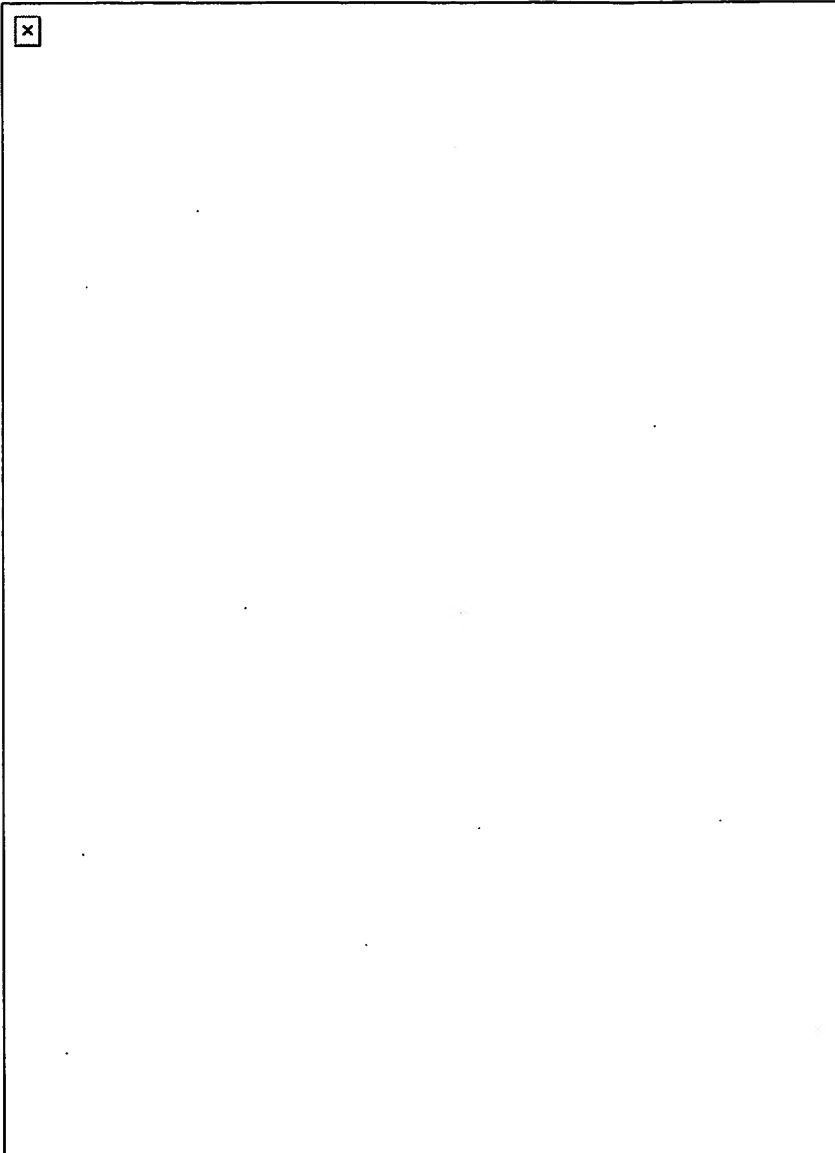
[0064]

[External Character 11]



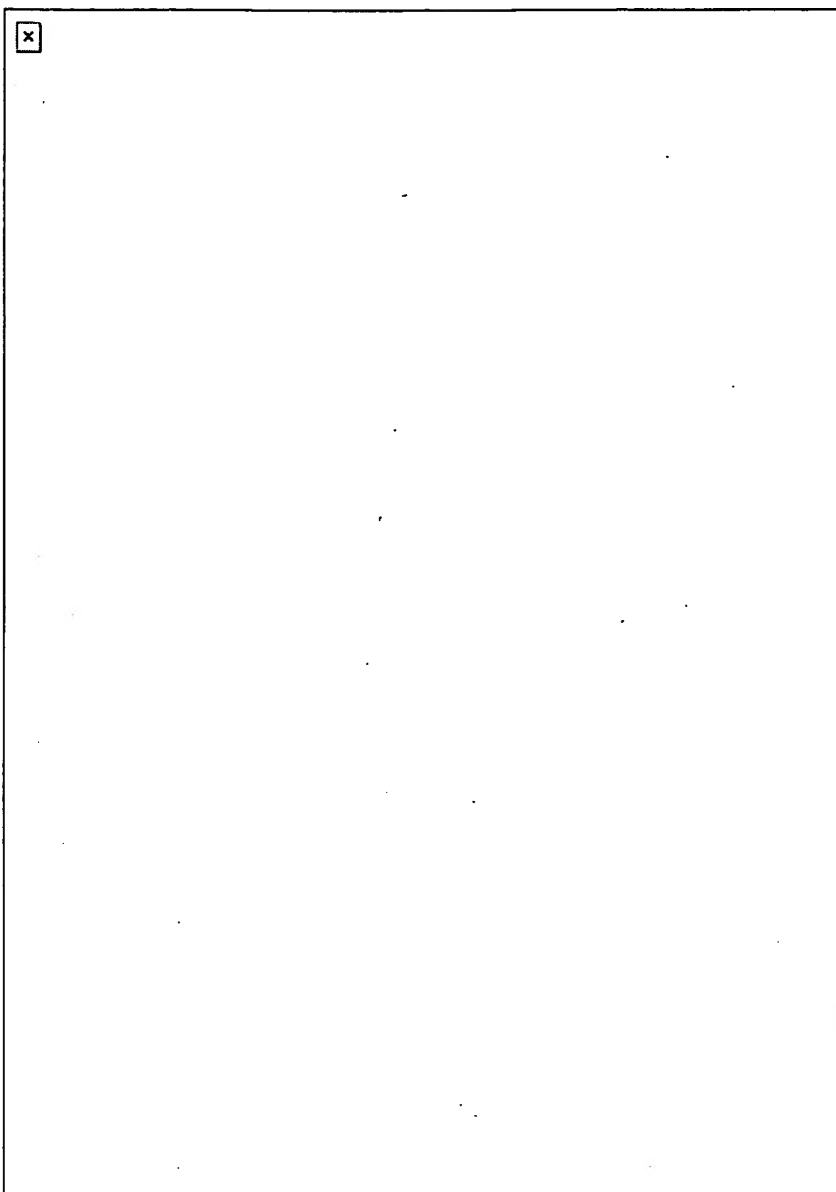
[0065]

[External Character 12]



[0066]

[External Character 13]



[0067]

[Effect of the Invention] Though about FNo.1.6 and a large caliber are secured by 15 or more variable power ratios and high variable power by constituting as explained above Offer of the zoom lens of the rear focus type which has good performance covering all the zoom areas and whole object distance fully securing the back focus space containing optical elementssuch as prism for color separationor the optical element aiming at protection of a zoom lens part is attainedA small lightweight highly efficient lens attachment-and-detachment type

video camera is realizable using this zoom lens.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The lens sectional view of numerical working example 1 about this invention.

[Drawing 2] The lens sectional view of numerical working example 2 about this invention.

[Drawing 3] The lens sectional view of numerical working example 3 about this invention.

[Drawing 4] The lens sectional view of numerical working example 4 about this invention.

[Drawing 5] The lens sectional view of numerical working example 5 about this invention.

[Drawing 6] The lens sectional view of numerical working example 6 about this invention.

[Drawing 7] The lens sectional view of numerical working example 7 about this invention.

[Drawing 8] The lens sectional view of numerical working example 8 about this invention.

[Drawing 9] The lens sectional view of numerical working example 9 about this invention.

[Drawing 10] The several aberration figure of numerical working example 1 about this invention.

[Drawing 11] The several aberration figure of numerical working example 2 about this invention.

[Drawing 12] The several aberration figure of numerical working example 3 about this invention.

[Drawing 13]The several aberration figure of numerical working example 4 about this invention.

[Drawing 14]The several aberration figure of numerical working example 5 about this invention.

[Drawing 15]The several aberration figure of numerical working example 6 about this invention.

[Drawing 16]The several aberration figure of numerical working example 7 about this invention.

[Drawing 17]The several aberration figure of numerical working example 8 about this invention.

[Drawing 18]The several aberration figure of numerical working example 9 about this invention.

[Drawing 19]The principle figure of the zoom lens about this invention.

[Description of Notations]

L1 The 1st lens group

L2 The 2nd lens group

L3 The 3rd lens group

L4 The 4th lens group

g g line

d d line

ΔM meridional image surface

ΔS sagittal image surface

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-281390

(43) 公開日 平成 9 年 (1997) 10 月 31 日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B 15/16 13/18			G 0 2 B 15/16 13/18	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願平8-86616

(22) 出願日 平成 8 年 (1996) 4 月 9 日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号

(72) 発明者 向谷 仁志

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号キヤノン株式会社内

(72) 発明者 堀内 昭永

東京都大田区下丸子 3 丁目 30 番 2 号キヤノン株式会社内

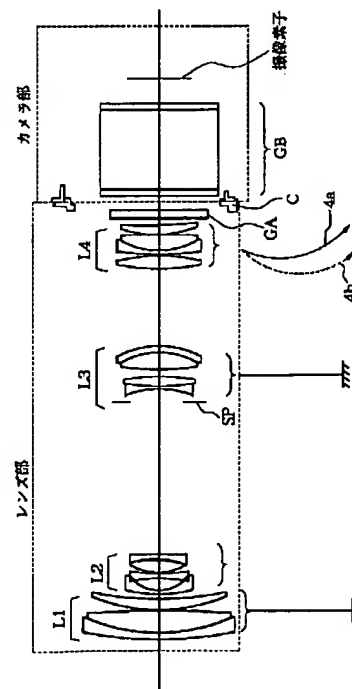
(74) 代理人 弁理士 丸島 儀一

(54) 【発明の名称】 リアフォーカス式のズームレンズ

(57) 【要約】

【課題】 色分解プリズム等の配置を可能とするバックフォーカスの長いリアフォーカス式のズームレンズを提供すること。

【解決手段】 物体側より順に、正、負、正、正の第 1 ～ 4 群構成で第 2、第 4 レンズ群を移動させてズームを行い、第 4 レンズ群を移動させて、フォーカシングを行うズームレンズで第 3 レンズ群を順に負、正のレトロフォーカスタイプとし、主点を後方に配置してバックフォーカスを確保した。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正の屈折力を有する第4レンズ群を有し、

前記第2レンズ群と前記第4レンズ群を移動させてズームを行い前記第4レンズ群を移動させてフォーカスを行うリアフォーカス式ズームレンズであって、前記第3レンズ群は、最も物体側に物体側へ凹面を向けた負レンズを有し、

広角端無限遠物体における該ズームレンズの最終面から像面までの距離を空気に換算した時の長さをBF、広角端における全系の焦点距離をFナンバー、半画角を各々 f_W 、 F_{NW} 、 ω とおいたとき

【外1】

$$8. 1 < BF \times \sqrt{F_{NW}} / (f_W \times \tan \omega) < 13. 3$$

なる条件式を満足することを特徴とするリアフォーカス式のズームレンズ。

【請求項2】 前記負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{31f} 、前記負レンズと前記第3レンズ群の焦点距離を各々 f_{31f} 、 f_3 とした時

$$-0. 60 < R_{31f} / f_3 < -0. 10$$

$$0. 30 < R_{31f} / f_{31f} < 0. 90$$

なる条件式を満足する請求項1のリアフォーカス式ズームレンズ。

【請求項3】 前記第3レンズ群は少なくとも正屈折力の接合レンズを有することを特徴とする請求項1のリアフォーカス式のズームレンズ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、リアフォーカス式のズームレンズに関し、特にレンズとCCDとの間に色分解プリズムが入るような長いバックフォーカスを確保しつつ、高変倍比でしかも前玉径が小さく、大口径なリアフォーカス式のズームレンズに関する。

【0002】

【従来の技術】 最近、ホームビデオカメラ等の小型軽量化に伴い、撮像用ズームレンズの小型化にもめざましい進歩が見られ、特に全長の短縮化や前玉径の小型化、構成の簡略化に力が注がれている。

【0003】 これらの目的を達成するひとつの手段として、物体側の第1レンズ群以外のレンズ群を移動させてフォーカスを行う、所謂リアフォーカス式のズームレンズが知られている。

【0004】 一般にリアフォーカス式のズームレンズは、第1レンズ群を移動させてフォーカスを行うズームレンズに比べて、第1レンズ群の有効径が小さくなり、レンズ系全体の小型化が容易になる。又近接撮影、特に極近接撮影が可能となり、更に比較的小型軽量のレンズ

群を移動させているので、レンズ群の駆動力が小さくすみ迅速な焦点合わせができる。

【0005】 この様なリアフォーカス式のズームレンズとして例えば、特開昭62-206516号公報、特開昭62-215225号公報、特開昭62-24213号公報等では物体側より順に正の第1レンズ群、負の第2レンズ群、正の第3レンズ群、正の第4レンズ群を有し、第2レンズ群を移動させて変倍を行い、第4レンズ群で変倍に伴う像面変動を補正すると共に、フォーカシングを行うズームレンズを開示している。

【0006】 また、特開平4-43311号公報、特開平4-153615号公報、特開平5-19165号公報、特開平5-27167号公報、および特開平5-60973号公報では、第4レンズ群を凸レンズ1枚または、凸レンズ2枚で構成された例が開示されている。また、特開平5-60974号公報では第4レンズ群が凹凸の2枚で構成されたズームレンズが開示されている。

【0007】 更に、特開昭55-62419号公報、特開昭62-24213号公報、特開昭62-215225号公報、特開昭56-114920号公報、特開平3-200113号公報、特開平4-242707号公報、特開平4-343313号公報、特開平5-297275号公報等の公報ではその実施例中に第3群、第4群がそれぞれが、正レンズ、負レンズの2枚構成でなることを開示している。

【0008】 また、ビデオデッキの高性能化（デジタル化）に伴いビデオカメラの高画質化が進んできている。その1つの方法として色分解光学系による画像の分解により高画質を達成している。そして、それに適したレンズとして、特開平5-72474号公報、特開平6-51199号公報、特開平6-337353号公報、特開平6-347697号公報、特開平7-199069号公報、特開平7-270684号公報等の公報がある。

【0009】

【発明が解決しようとしている課題】 以上述べたように、一般にズームレンズにおいて、前玉径・全系の小型化を達成するには、第1レンズ群による距離合わせよりも、所謂リアフォーカス方式の方が適している。

【0010】 しかしながら、特開平4-026811号公報および特開平4-88309号公報では、その構成において色分解プリズムを配置するのが困難であった。

【0011】 また、特開平4-43311号公報、特開平4-153615号公報、特開平5-19165号公報、特開平5-27167号公報、および特開平5-60973号公報で開示されているこれらのズームレンズではズーム比が6倍から8倍程度でありこれ以上の高倍ズームレンズになると色収差の変倍による変動が大きくなりすぎて補正しきれず十分な光学性能を発揮させることは困難であった。また、特開平5-60974号公報で開示されている例でも、ズーム比が8倍クラスとやは

り十分な高倍化が達成されていなかった。

【0012】更に、特開昭55-62419号公報、特開昭56-114920号公報、特開平3-200113号公報で開示されている例では、第1群または、第3群も変倍に伴って移動するため鏡筒構造が複雑になり小型化を達成するためには不向きであった。また、特開平4-242707号公報及び特開平4-343313号公報、特開平5-297275号公報に開示されている例では第3群が大きな空気間隔を持つ構成となっておりさらに第3群中の負レンズの屈折力が弱いため高変倍ズームレンズに適用するためには第3群で発生する色収差を十分に補正できるタイプとはならない。更には、特開平5-297275号公報で提案されている例では第3群中の凹メニスカスレンズが像面側に強い凹面を向けた構成となっているためテレフォト化には有効であるが凸レンズで発生した高次のフレア成分を凹レンズで受けるには不向きな構成であるため大口径、高変倍ズームレンズには不利なタイプである。

【0013】また、特開平5-72474号公報、特開平6-51199号公報、特開平6-337353号公報、特開平6-347697号公報、特開平7-199069号公報、特開平7-270684号公報等の公報で開示されている例でも、その実施例はいずれもズーム比が10~12倍程度とやはり十分な高倍化が達成されていなかった。

【0014】本発明の目的は、上記従来例の欠点を改善し、特に本出願人提案の特開平7-270684号公報の改良に関し、色分解用プリズム等の光学素子やズームレンズ部の保護を目的とした光学素子が入るバックフォーカス空間を十分に確保し、全ズーム域・全物体距離にわたって良好な光学性能を維持しつつ大口径で16倍程度の高変倍を図ったリアフォーカス式のズームレンズを提供し、合わせて該ズームレンズの着脱可能なビデオカメラを提供することを目的とする。

【0015】

【課題を解決するための手段】本発明はかかる目的のもとで、物体側より順に、正の屈折力を有する第1レンズ群、負の屈折力を有する第2レンズ群、正の屈折力を有する第3レンズ群、正の屈折力を有する第4レンズ群を有し、前記第2レンズ群と前記第4レンズ群を移動させてズームを行い前記第4レンズ群を移動させてフォーカスを行うリアフォーカス式ズームレンズであって、前記第3レンズ群は、最も物体側に物体側へ凹面を向けた負レンズを有し、広角端無限遠物体における該ズームレンズの最終面から像面までの距離を空気に換算した時の長さをBF、広角端における全系の焦点距離をFナバー、半面角を各々 f_w 、 F_{NW} 、 ω とおいたとき

【0016】

【外2】

$$8. 1 < BF \times \sqrt{F_{NW}} / (f_w \times \tan \omega) < 13.3$$

なる条件式を満足させている。

【0017】すなわち、第2レンズ群にて発散された光束を略アフォーカルとするための第3レンズ群を負レンズが先行するレトロタイプとし、又、面形状を特定することで、第3群の主点間隔を第2群から遠ざけるように配置することにより第2レンズ群と該第3レンズ群との主点間隔をより開き第3レンズ群に入射する軸上光線高さをより高くする。従って全系の焦点距離を所定量とするための第4群の焦点距離を長くすることができワーキングディスタンスとしてのバックフォーカスを長くするものである。すなわち第3レンズ群をでる光束が略アフォーカルであるためバックフォーカスの長さは主点系で計算するとほぼ第4レンズ群の焦点距離と同じとなる。従って全系の焦点距離を固定して第4レンズ群の焦点距離を長くするためには図19で示される如く第3レンズ群での軸上光高さhを高くしてやれば良いことが分かる。

【0018】又、特に、前記負レンズの物体側のレンズ面の曲率半径を R_{31f} 、前記負レンズと前記第3レンズ群の焦点距離を各々 f_{31f} 、 f_3 とした時、

$$-0.60 < R_{31f} / f_3 < -0.10$$

$$0.30 < R_{31f} / f_{31} < 0.90$$

なる条件式を満足させて、バックフォーカスを確保する一方、良好な収差が得られるようにしている。

【0019】更なる特徴は、以下の説明に記載されている。

【0020】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施例を用いて具体的に説明する。

【0021】図1~図9は本発明のリアフォーカス式のズームレンズの後述する数値実施例1~9のレンズ断面図、図10~図18は各実施例の諸収差図を各々示す。各収差図においてAは広角端における収差図、Bは中間における収差図、Cは望遠端における諸収差図を示す。

【0022】図中L1は正の屈折力の第1レンズ群、L2は負の屈折力の第2レンズ群、L3は正の屈折力の第3レンズ群、L4は正の屈折力の第4レンズ群である。SPは開口絞りであり、第3レンズ群L3の直前に配置している。GAは、ズームレンズの保護を目的とした保護ガラスであり、GBは色分解プリズムやCCDのフェースプレートやローパスフィルター等のガラスブロックである。L1からGAまでがズームレンズ部であり、マウント部材Cを介してカメラ本体に装着されている。したがってGB以降像面側はカメラ本体に含まれる。

【0023】本実施例では広角端から望遠端への変倍に際して矢印のように第2レンズ群を像面側へ移動させると共に、変倍に伴う像面変動を第4レンズ群を移動させて補正している。又、第4レンズ群を光軸上移動させて

フォーカスを行うリアフォーカス式を採用している。特に図1の曲線4a、4bに示すように広角端から望遠端への変倍に際して物体側へ凸状の軌跡を有するように移動させている。これにより第3レンズ群と第4レンズ群との空間の有効利用を図りレンズ全長の短縮化を効果的に達成している。同図に示す第4レンズ群の実線の曲線4aと点線の曲線4bは各々無限遠距離物体と近距離物体にフォーカスしているときの広角端から望遠端への変倍に伴う際の像面変動を補正する為の移動軌跡を示している。尚、第1レンズ群と第3レンズ群は変倍及びフォーカスの際固定である。

【0024】数値実施例1～3、9においては、第3レンズ群は、負、正からなる負の屈折力の接合レンズと、正、負からなる正の屈折力の接合レンズで構成され全体としてレトロタイプの正レンズ群を構成している。そして、負の屈折力の接合レンズは、物体側のレンズ面が物体側に凹面を向けている。こうして、第3レンズ群の主点位置を第2レンズ群から遠ざける役割を与えバックフォーカスを長くすることに貢献している。特に像側に比べて物体側に強い負のパワー（曲率半径が短い）を与えて主点位置をより後方に位置させている。

【0025】一方前記正の屈折力の接合レンズは、像面側のレンズ面が該接合レンズの物体側の面に比べ強い屈折面（曲率半径が短い）を有し、この接合レンズも同様に第3レンズ群の主点位置を第2レンズ群から遠ざける役割を担っており、第4レンズ群の焦点距離を長くし、従ってバックフォーカスを長くすることに貢献してい

$$8. 1 < BF \times \sqrt{F_{NW}} / (f_W \times \tan \omega) < 13.3 \quad \dots (1)$$

なる条件式を満足させている。

【0031】下限値を越えてFナンバーを明るくすると高次の球面収差、コマ収差が発生し、補正するのが困難になる。

【0032】上限値を越えて、Fナンバーが暗くなると軸上光線束が細くなり、これによって、該レンズの最終面と像面との間に配置される色分解プリズムを小型化することが可能になる。すなわち、バックフォーカスを長くする必要がないにもかかわらず、長くしなければなら

$$-0.60 < R_{31f} / f_3 < -0.10 \quad \dots (2)$$

$$0.30 < R_{31f} / f_{31} < 0.90 \quad \dots (3)$$

なる条件である。

【0035】条件式(2)、(3)ともに第3群の最も像面側の面の曲率を制限するためのもので、上限を越えると凹面の曲率並びに焦点距離がゆるくなり本発明の目的であるバックフォーカスを十分に長く保つことが困難となり、下限を越えると広角端において第2群から発散してくる光線束が第3群に入射する際に発生する高次の

$$1. 0 < |R_{31r} / R_{32r}| < 5.0 \quad \dots (4)$$

$$1.5 < f_3 / f_{32} < 5.0 \quad \dots (5)$$

なる条件式を満足することである。

る。

【0026】数値実施例4～8においては、第3レンズ群は負の単レンズと、正の単レンズで構成され、同様に、全体としてレトロタイプの正レンズ群を構成している。さらに前記負の単レンズは物体側の面が強い凹面であり第3群の主点位置を第2群から遠ざける役割を担っており、第4群の焦点距離を長くし従ってバックフォーカスを長くすることに貢献している。

【0027】一方前記正の単レンズは、像面側の面が物体側の面に比べ強い屈折面（曲率半径が短い）を有し第3レンズ群の主点位置を第2レンズ群から遠ざける役割を担っており、第4レンズ群の焦点距離を長くし従ってバックフォーカスを長くすることに貢献している。

【0028】このように、本実施例では、第3レンズ群の最も物体側に負レンズを配置し、この負レンズの物体側のレンズ面を物体側に凹面として主点位置を後方に配置し、後方に色分解プリズムを配置できる程のバックフォーカスを確保している。

【0029】そして、バックフォーカスを確保するとともに良好な収差を維持するために、広角端の無限遠物体における該レンズの最終面から像面までの距離を空気に換算した時の長さをBF、広角端における全系の焦点距離と開放Fナンバー、半画角を各々 f_W 、 F_{NW} 、 ω とした時、

【0030】

【外3】

ず、該レンズ全長の長大化をまねく。

【0033】以上の構成で、本発明の目的はとり合えず達成することが可能であるが、更に望ましくは下記の条件を満足することが望ましい。

【0034】(i) 第3レンズ群の最も物体側のレンズ面の曲率半径を R_{31f} 、第3レンズ群の最も物体側に位置する負レンズの焦点距離を f_{31} 、第3レンズ群の焦点距離を f_3 とした時、

球面収差を補正することが困難となって高性能化を達成できなくなる。

【0036】(ii) 又、前記第3レンズ群の最も像面側に正レンズ（接合レンズを含む）を配置し、該正レンズの物体側と像面側のレンズ面の曲率半径を各々 R_{31r} 、 R_{32r} 、該正レンズそして前記第3レンズ群の焦点距離を各々 f_{32} 、 f_3 とした時、

【0037】条件式(4)、(5)ともに第3レンズ群

の最も像面側の面の曲率を制限するためのもので、下限を越えると本発明の目的であるバックフォーカスを十分に長く保つことが困難となり、上限を越えると第3レンズ群を射出しフォーカス機能を有する第4レンズ群に入射する際に発生する高次の球面収差を補正することが困難となって高性能化を達成できなくなる。

$$0.66 < L / (f_t \cdot \tan \omega) < 1.17 \quad \dots (6)$$

$$4.00 < f_4 / f_w < 7.00 \quad \dots (7)$$

$$0.10 < D / f_t < 0.30 \quad \dots (8)$$

なる条件である。

【0039】条件式(6)は第2レンズ群の変倍のための移動空間をズーム比の関係を最適化するもので、上限値を超えると変倍に対する移動のための空間が広すぎ全長の長大化をまねき、下限値を超えると第2レンズ群の変倍負担量を稼ぐため負の屈折力を強くせねば成らなくなり、像面湾曲を示す負のペッツバル和が増大し好ましくない。

【0040】条件式(7)はバックフォーカスの長さを最適化するもので上限値を超えるとバックフォーカスが必要以上に長くなり全長の長大化をまねき、下限値を超えると十分に長いバックフォーカスを確保することが困難となる。

【0041】条件式(8)はフォーカスのための第4群の移動可能な空間と望遠端の焦点距離の関係を最適化するもので、上限値を超えるほどDを大きくすると全長の長大化をまねき好ましくなく、下限値を超えるとフォーカスのための十分な空間を確保できなくなり、ズームレンズの操作性に支障がでてくる。

【0042】さて、望遠端の色収差を十分に補正するために第2群は、少なくとも2枚の負レンズと少なくとも1枚の正レンズで構成されていればよいが、本実施例では前述のように第2レンズ群と第3レンズ群の主点間隔を拡大するため該第2レンズ群の最も像面側に負レンズを配置してさらにバックフォーカスを長くすることに貢献している。

【0043】また更に良好な収差補正、特に色収差を良好に補正するためには、第1～3、第9実施例に示す如く第3群に少なくとも1つの接合レンズを有することである。先にも述べたように、ビデオカメラの高画質化にともない、従来あまり問題にならなかった色収差、特に倍率色収差が問題となりこれを良好に補正している。

【0044】又、本実施例では、第1レンズ群の像を小さくするために開口絞りを第3レンズ群直前に配置したが、この位置に限ることなく、第3レンズ群と第4レンズ群との間でも、又、第34レンズ群中の負レンズと正レンズとの間でもさしつかえない。

【0045】尚、本実施例では、第3レンズ群を順に負、正として、射出瞳を長くし、ズームレンズを射出する光線の状態が略テレセントリックとなるようにして、その後方に配置された色分解プリズムに入射する光線の

【0038】(i i i) 又、第1レンズ群から第2レンズ群、そして第2レンズ群から第3レンズ群までの空気間隔、和をL、広角端における半画角を ω 、広角端、望遠端そして前記第4レンズ群の焦点距離を各々、 f_w, f_t, f_4 、望遠端での無限遠物体に対する前記第3レンズ群と第4レンズ群の空気間隔をDとした時、

角度を緩くすることにより、色分解系の波長による反射特性変化を解消し、色分解を忠実にい行い画像の色再現性を非常に良くしている。

【0046】また、本レンズのように高倍率のレンズでは、テレ端の焦点距離が非常に長くなり、テレ端およびその付近の性能が該第2群に大きく影響されてくる。そして、この第2レンズ群に非球面を導入すれば光学性能を上げることが可能になる。

【0047】なお、非球面は、基本的に球面収差の補正を目的としているため、レンズの周辺部にいくにしたがって正の屈折力が弱くなる形状となることが望ましい。

【0048】更に、良好な収差補正、特に色収差を良好に補正するためには、第4群中の少なくとも1つの正レンズは、

$$v_d > 64.0$$

を満足するガラスで構成することである。ただし、 v_d はガラスのアッペ数である。

【0049】この条件式は、倍率色収差を良好に補正するための条件で、条件式の下限値を越えてアッペ数を小さくすると、倍率色収差がアンダーになり好ましくない。

【0050】以下に、本発明の実施例を記載する。

【0051】数値実施例において、 R_i は物体側より順に第i番目のレンズ面の曲率半径、 D_i は、物体側より順に第i番目のレンズ厚及び空気間隔、 N_i と v_i はそれぞれ物体側より順に第i番目のレンズのガラスの屈折率とアッペ数である。

【0052】また、数値実施例1におけるR28～R29、数値実施例2、3、9におけるR26～R27、数値実施例4～8におけるR24～R25等は保護ガラス部、数値実施例1におけるR30～R33、数値実施例2、3、9におけるR28～R31数値実施例4～8におけるR26～R29等は、色分解プリズム、光学フィルター、フェースプレート等のガラスブロックを示す。

【0053】又、前述の各条件式と数値実施例における諸数値との関係を表-1に示す。

【0054】非球面形状は、光軸方向にX軸、光軸と垂直方向H軸、光の進行方向を正とし、Rを近軸曲率半径、各球面係数をK、B、C、D、Eとしたとき、

【0055】

【外4】

$$X = \frac{(1/R)H^2}{1 \times \sqrt{1-(1+K)(H/R)^2}} + BH^4 + CH^6 + DH^8 + EH^{10}$$

0-X」を意味する。

【0057】

【表1】

なる式で表している。

【0056】また例えば「e-0X」の表示は「1

表 1

条件式	数値実施例								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
(1)	10.59	10.90	11.09	9.96	9.59	10.03	10.03	10.04	9.08
(2)	-0.255	-0.328	-0.386	-0.269	-0.276	-0.268	-0.275	-0.257	-0.269
(3)	0.412	0.597	0.758	0.598	0.548	0.575	0.594	0.593	0.750
(4)	2.428	1.313	1.338	3.360	3.191	3.296	3.299	3.353	1.373
(5)	2.304	2.483	2.608	2.824	2.648	2.750	2.771	2.893	2.880
(6)	0.935	0.932	0.908	0.917	0.925	0.921	0.921	0.918	0.998
(7)	5.159	5.178	5.265	5.281	5.220	5.294	5.288	5.278	5.266
(8)	0.225	0.192	0.208	0.260	0.228	0.253	0.256	0.258	0.207

【0058】

【外5】

数値実施例1

f=1~15.42			Fno=1.65~2.61			2ω=58.0°~4.2°		
R 1 =	14.996	D 1 =	0.30	N 1 =	1.846660	ν 1 =	23.8	
R 2 =	7.420	D 2 =	1.01	N 2 =	1.603112	ν 2 =	60.7	
R 3 =	-55.755	D 3 =	0.04					
R 4 =	6.528	D 4 =	0.58	N 3 =	1.696797	ν 3 =	55.5	
R 5 =	16.528	D 5 =	可変					
R 6 =	6.618	D 6 =	0.16	N 4 =	1.882997	ν 4 =	40.8	
R 7 =	1.639	D 7 =	0.67					
R 8 =	-5.612	D 8 =	0.14	N 5 =	1.882997	ν 5 =	40.8	
R 9 =	6.435	D 9 =	0.11					
R10 =	3.282	D10 =	0.55	N 6 =	1.846660	ν 6 =	23.8	
R11 =	-4.917	D11 =	0.09					
R12 =	-3.110	D12 =	0.14	N 7 =	1.772499	ν 7 =	49.6	
R13 =	52.786	D13 =	可変					
R14 =	(絞り)	D14 =	0.60					
R15 =	-4.354	D15 =	0.14	N 8 =	1.772499	ν 8 =	49.6	
R16 =	7.442	D16 =	0.44	N 9 =	1.846660	ν 9 =	23.8	
R17 =	-12.275	D17 =	0.39					
R18 =	12.057	D18 =	0.81	N10 =	1.583126	ν10 =	59.4	
R19 =	-3.212	D19 =	0.17	N11 =	1.846660	ν11 =	23.8	
R20 =	-4.966	D20 =	可変					
R21 =	7.169	D21 =	0.60	N12 =	1.583126	ν12 =	59.4	
R22 =	-10.614	D22 =	0.03					
R23 =	10.386	D23 =	0.18	N13 =	1.805181	ν13 =	25.4	
R24 =	3.038	D24 =	0.74	N14 =	1.487480	ν14 =	70.2	
R25 =	-68.690	D25 =	0.03					
R26 =	5.180	D26 =	0.42	N15 =	1.603420	ν15 =	38.0	
R27 =	18.977	D27 =	0.35					
R28 =	∞	D28 =	0.35	N16 =	1.516330	ν16 =	64.2	
R29 =	∞	D29 =	0.71					
R30 =	∞	D30 =	0.24	N17 =	1.550000	ν17 =	60.0	
R31 =	∞	D31 =	3.54	N18 =	1.589130	ν18 =	61.2	
R32 =	∞	D32 =	0.42	N19 =	1.520000	ν19 =	64.0	
R33 =	∞							

焦点距離	1.00	6.04	15.42
可変間隔			
D 5	0.18	5.31	6.76
D 13	8.89	1.75	0.30
D 20	3.50	2.49	3.47

*印非球面
非球面係数

R18 k=-1.58540e+00 B=-2.75872e-03 C=2.79593e-04 D=-1.02196e-04 E=1.51980e-05

【0059】

【外6】

数値実施例2

f=1~15.43		Fno=1.65~2.65		2ω= 58.0° ~4.2°	
R 1 =	14.448	D 1=	0.30	N 1= 1.846660	ν 1= 23.8
R 2 =	7.307	D 2=	0.99	N 2= 1.603112	ν 2= 60.7
R 3 =	-68.744	D 3=	0.04		
R 4 =	6.579	D 4=	0.57	N 3= 1.696797	ν 3= 55.5
R 5 =	17.338	D 5= 可変			
R 6 =	7.309	D 6=	0.16	N 4= 1.882997	ν 4= 40.8
R 7 =	1.822	D 7=	0.65		
R 8 =	-5.306	D 8=	0.14	N 5= 1.882997	ν 5= 40.8
R 9 =	8.431	D 9=	0.11		
R10 =	3.341	D10=	0.58	N 6= 1.846660	ν 6= 23.8
R11 =	-5.076	D11=	0.08		
R12 =	-3.356	D12=	0.14	N 7= 1.772499	ν 7= 49.6
R13 =	25.317	D13= 可変			
R14 =	(絞り)	D14=	0.57		
R15 =	-5.556	D15=	0.14	N 8= 1.772499	ν 8= 49.6
R16 =	4.910	D16=	0.42	N 9= 1.846660	ν 9= 23.8
R17 =	-54.213	D17=	0.55		
R18*=	7.365	D18=	0.85	N10= 1.583126	ν10= 59.4
R19 =	-3.269	D19=	0.17	N11= 1.846660	ν11= 23.8
R20 =	-5.610	D20= 可変			
R21*=	10.245	D21=	0.53	N12= 1.583126	ν12= 58.4
R22 =	-11.430	D22=	0.03		
R23 =	4.850	D23=	0.18	N13= 1.846660	ν13= 23.8
R24 =	2.832	D24=	0.92	N14= 1.487480	ν14= 70.2
R25 =	-11.531	D25=	0.35		
R26 =	∞	D26=	0.35	N15= 1.516330	ν15= 64.2
R27 =	∞	D27=	0.71		
R28 =	∞	D28=	0.24	N16= 1.550000	ν16= 60.0
R29 =	∞	D29=	3.54	N17= 1.589130	ν17= 61.2
R30 =	∞	D30=	0.42	N18= 1.520000	ν18= 64.0
R31 =	∞				

焦点距離 可変開隔	1.00	6.15	15.43
D 5	0.16	5.31	6.76
D 13	6.90	1.78	0.31
D 20	2.99	1.85	2.96

*印非球面

非球面係数

R18 k=1.71304e+00 B=-3.52919e-03 C= 1.32785e-04 D=-7.87389e-05 E= 1.36494e-05
R21 k=9.97285e+00 B=-1.90572e-03 C=-8.84882e-05 D= 3.08971e-05 E=-5.17678e-06

【0060】

【外7】

数値実施例3

f=1~16.08		Fno=1.65~2.75		2 ω = 58.0° ~4.0°	
R 1 =	14.556	D 1=	0.30	N 1= 1.846660	ν 1= 23.8
R 2 =	7.387	D 2=	0.99	N 2= 1.603112	ν 2= 60.7
R 3 =	-66.855	D 3=	0.04		
R 4 =	6.636	D 4=	0.57	N 3= 1.696797	ν 3= 55.5
R 5 =	17.133	D 5= 可変			
R 6 =	7.155	D 6=	0.16	N 4= 1.882997	ν 4= 40.8
R 7 =	1.800	D 7=	0.65		
R 8 =	-5.391	D 8=	0.14	N 5= 1.882997	ν 5= 40.8
R 9 =	8.731	D 9=	0.11		
R10 =	3.271	D10=	0.58	N 6= 1.846660	ν 6= 23.8
R11 =	-5.348	D11=	0.08		
R12 =	-3.464	D12=	0.14	N 7= 1.772499	ν 7= 49.6
R13 =	21.334	D13= 可変			
R14 =	(絞り)	D14=	0.54		
R15 =	-8.457	D15=	0.14	N 8= 1.772499	ν 8= 49.6
R16 =	4.445	D16=	0.42	N 9= 1.846660	ν 9= 23.8
R17 =	60.000	D17=	0.51		
R18*=	7.173	D18=	0.85	N10= 1.583125	ν 10= 59.4
R19 =	-3.304	D19=	0.17	N11= 1.846660	ν 11= 23.8
R20 =	-5.362	D20= 可変			
R21*=	10.013	D21=	0.53	N12= 1.583125	ν 12= 59.4
R22 =	-14.510	D22=	0.03		
R23 =	4.830	D23=	0.18	N13= 1.846660	ν 13= 23.8
R24 =	2.832	D24=	0.92	N14= 1.487490	ν 14= 70.2
R25 =	-10.073	D25=	0.35		
R26 =	∞	D26=	0.35	N15= 1.516330	ν 15= 64.2
R27 =	∞	D27=	0.71		
R28 =	∞	D28=	0.24	N16= 1.550000	ν 16= 60.0
R29 =	∞	D29=	3.54	N17= 1.589130	ν 17= 61.2
R30 =	∞	D30=	0.42	N18= 1.520000	ν 18= 64.0
R31 =	∞				

焦点距離 可変間隔	1.00	6.21	16.08
D 5	0.16	5.41	6.89
D 13	7.04	1.80	0.32
D 20	3.36	2.28	3.35

*印非球面

非球面係数

R18 k=1.70065e+00 B=-3.71688e-03 C= 1.29974e-04 D=-7.31900e-05 E= 1.19400e-05
 R21 k=9.54122e+00 B=-1.84461e-03 C=-8.80745e-05 D= 2.61881e-05 E=-4.30759e-06

【0061】

【外8】

数值实施例4

f=1~16.10		Fno=1.65~2.67		2 ω =59.0°~4.0°	
R 1 =	14.286	D 1=	0.30	N 1= 1.846660	ν 1= 23.8
R 2 =	7.309	D 2=	1.01	N 2= 1.603112	ν 2= 60.7
R 3 =	-78.889	D 3=	0.04		
R 4 =	6.599	D 4=	0.58	N 3= 1.696797	ν 3= 55.5
R 5 =	17.387	D 5= 可变			
R 6 =	8.250	D 6=	0.16	N 4= 1.882997	ν 4= 40.8
R 7 =	1.567	D 7=	0.67		
R 8 =	-6.044	D 8=	0.14	N 5= 1.882997	ν 5= 40.8
R 9 =	9.892	D 9=	0.11		
R10 =	3.116	D10=	0.55	N 6= 1.846660	ν 6= 23.8
R11 =	-5.918	D11=	0.05		
R12 =	-4.064	D12=	0.14	N 7= 1.772499	ν 7= 49.6
R13 =	10.882	D13= 可变			
R14 =	(絞り)	D14=	0.66		
R15 =	-3.582	D15=	0.18	N 8= 1.772499	ν 8= 49.6
R16 =	-16.115	D16=	0.32		
R17*=	12.110	D17=	0.81	N 9= 1.603112	ν 9= 60.7
R18 =	-3.604	D18= 可变			
R19*=	5.099	D19=	0.66	N10= 1.583128	ν 10= 59.4
R20 =	-27.004	D20=	0.30		
R21 =	12.568	D21=	0.18	N11= 1.846660	ν 11= 23.8
R22 =	4.078	D22=	0.78	N12= 1.487480	ν 12= 70.2
R23 =	-5.659	D23=	0.35		
R24 =	∞	D24=	0.35	N13= 1.516330	ν 13= 64.2
R25 =	∞	D25=	0.71		
R26 =	∞	D26=	0.24	N14= 1.550000	ν 14= 60.0
R27 =	∞	D27=	3.54	N15= 1.589130	ν 15= 61.2
R28 =	∞	D28=	0.42	N16= 1.520000	ν 16= 64.0
R29 =	∞				

焦点距離 可変間隔	1.00	5.98	16.10
D 5	0.16	5.37	6.84
D 13	7.01	1.81	0.34
D 18	4.16	3.15	4.19

*印非球面
非球面係数

R17 k=2.56943e+01 B=-6.08402e-03 C=-1.11466e-04 D=-2.83007e-05 E=0.00000e+00
R19 k=6.27497e-01 B=-3.50832e-03 C= 4.82436e-05 D=-1.48756e-05 E=0.00000e+00

[0062]

【外9】

数值实施例5

f=1~16.08		Fno=1.65~2.68		2ω= 58.0° ~4.0°	
R 1 =	13.491	D 1=	0.30	N 1= 1.846680	ν 1= 23.8
R 2 =	7.108	D 2=	1.01	N 2= 1.603112	ν 2= 60.7
R 3 =	-158.379	D 3=	0.04		
R 4 =	6.721	D 4=	0.58	N 3= 1.696797	ν 3= 55.5
R 5 =	18.681	D 5= 可変			
R 6 =	8.425	D 6=	0.16	N 4= 1.834807	ν 4= 42.7
R 7 =	1.508	D 7=	0.67		
R 8 =	-5.965	D 8=	0.14	N 5= 1.834807	ν 5= 42.7
R 9 =	7.802	D 9=	0.11		
R10 =	3.066	D10=	0.55	N 6= 1.846660	ν 6= 23.8
R11 =	-7.878	D11=	0.05		
R12 =	-4.920	D12=	0.14	N 7= 1.772499	ν 7= 49.6
R13 =	12.878	D13= 可変			
R14 =	(紋り)	D14=	0.67		
R15 =	-3.452	D15=	0.18	N 8= 1.696797	ν 8= 55.5
R16 =	-16.552	D16=	0.28		
R17* =	11.329	D17=	0.81	N 9= 1.583128	ν 9= 59.4
R18 =	-3.550	D18= 可変			
R19* =	4.725	D19=	0.65	N10= 1.583128	ν 10= 59.4
R20 =	-34.150	D20=	0.30		
R21 =	13.584	D21=	0.18	N11= 1.846660	ν 11= 23.8
R22 =	3.861	D22=	0.78	N12= 1.487490	ν 12= 70.2
R23 =	-5.180	D23=	0.35		
R24 =	∞	D24=	0.35	N13= 1.516330	ν 13= 64.2
R25 =	∞	D25=	0.71		
R26 =	∞	D26=	0.24	N14= 1.550000	ν 14= 60.0
R27 =	∞	D27=	3.54	N15= 1.589130	ν 15= 61.2
R28 =	∞	D28=	0.42	N16= 1.520000	ν 16= 64.0
R29 =	∞				

焦点距離 可変間隔	1.00	6.07	16.08
D 5	0.16	5.42	6.90
D 13	7.08	1.81	0.33
D 18	3.63	2.63	3.67

*印非球面

非球面係数

R17 k=2.18527e+01 B=-6.25263e-03 C=-1.88327e-04 D=-1.78777e-05 E=0.00000e+00
 R19 k=6.43103e-01 B=-4.14656e-03 C=5.29237e-05 D=-2.13505e-05 E=0.00000e+00

[0063]

【外10】

数值实施例8

f=1~16.10		Fno=1.65~2.67		2 ω =59.0°~4.0°	
R 1 = 13.746	D 1= 0.30	N 1= 1.846660	ν 1= 23.8		
R 2 = 7.180	D 2= 1.01	N 2= 1.603112	ν 2= 60.7		
R 3 = -111.074	D 3= 0.04				
R 4 = 6.652	D 4= 0.58	N 3= 1.696797	ν 3= 55.5		
R 5 = 17.839	D 5= 可变				
R 6 = 8.785	D 6= 0.16	N 4= 1.834807	ν 4= 42.7		
R 7 = 1.517	D 7= 0.64				
R 8 = -6.121	D 8= 0.14	N 5= 1.882997	ν 5= 40.8		
R 9 = 8.341	D 9= 0.11				
R10 = 3.088	D10= 0.55	N 6= 1.846660	ν 6= 23.8		
R11 = -7.139	D11= 0.05				
R12 = -4.657	D12= 0.14	N 7= 1.772499	ν 7= 49.6		
R13 = 12.972	D13= 可变				
R14 = (絞り) D14= 0.65					
R15 = -3.826	D15= 0.18	N 8= 1.772499	ν 8= 49.6		
R16 = -14.465	D16= 0.37				
R17* = 12.097	D17= 0.81	N 9= 1.583126	ν 9= 59.4		
R18 = -3.671	D18= 可变				
R19* = 4.970	D19= 0.64	N10= 1.583126	ν 10= 59.4		
R20 = -50.886	D20= 0.30				
R21 = 10.878	D21= 0.18	N11= 1.846660	ν 11= 23.8		
R22 = 3.860	D22= 0.80	N12= 1.487490	ν 12= 70.2		
R23 = -5.570	D23= 0.35				
R24 = ∞	D24= 0.35	N13= 1.516330	ν 13= 64.2		
R25 = ∞	D25= 0.71				
R26 = ∞	D26= 0.24	N14= 1.550000	ν 14= 60.0		
R27 = ∞	D27= 3.54	N15= 1.589130	ν 15= 61.2		
R28 = ∞	D28= 0.42	N16= 1.520000	ν 16= 64.0		
R29 = ∞					

焦距距離 可変間隔	1.00	6.00	16.10
D 5	0.17	5.40	6.88
D 13	7.05	1.81	0.33
D 18	4.03	3.03	4.07

*印非球面

非球面係数

R17 k=2.27903e+01 B=-5.62838e-03 C=-1.18773e-04 D=-1.36886e-05 E=0.00000e+00
 R19 k=7.41373e-01 B=-3.61778e-03 C= 1.31439e-05 D=-1.23548e-05 E=0.00000e+00

【0064】

【外11】

数值实施例7

f=1~16.10		Fno=1.65~2.68		2 ω =58.0° ~4.0°			
R 1 =	13.587	D 1=	0.30	N 1=	1.846660	ν 1=	23.8
R 2 =	7.118	D 2=	1.01	N 2=	1.603112	ν 2=	60.7
R 3 =	-125.995	D 3=	0.01				
R 4 =	6.654	D 4=	0.58	N 3=	1.696797	ν 3=	55.5
R 5 =	18.010	D 5=	可変				
R 6 =	8.678	D 6=	0.16	N 4=	1.882997	ν 4=	40.8
R 7 =	1.526	D 7=	0.64				
R 8 =	-5.907	D 8=	0.14	N 5=	1.834807	ν 5=	42.7
R 9 =	7.868	D 9=	0.11				
R10 =	3.102	D10=	0.55	N 6=	1.846660	ν 6=	23.8
R11 =	-8.652	D11=	0.04				
R12 =	-4.703	D12=	0.14	N 7=	1.772499	ν 7=	49.6
R13 =	13.795	D13=	可変				
R14 =	(絞り)	D14=	0.65				
R15 =	-3.705	D15=	0.18	N 8=	1.772499	ν 8=	49.6
R16 =	-16.327	D16=	0.35				
R17*=	11.960	D17=	0.81	N 9=	1.583128	ν 9=	59.4
R18 =	-3.626	D18=	可変				
R19*=	5.020	D19=	0.64	N10=	1.583128	ν 10=	59.4
R20 =	-54.719	D20=	0.30				
R21 =	10.668	D21=	0.18	N11=	1.846660	ν 11=	23.8
R22 =	3.837	D22=	0.81	N12=	1.487490	ν 12=	70.2
R23 =	-5.488	D23=	0.35				
R24 =	∞	D24=	0.35	N13=	1.516330	ν 13=	64.2
R25 =	∞	D25=	0.71				
R26 =	∞	D26=	0.24	N14=	1.550000	ν 14=	60.0
R27 =	∞	D27=	3.54	N15=	1.589130	ν 15=	61.2
R28 =	∞	D28=	0.42	N16=	1.520000	ν 16=	64.0
R29 =	∞						

焦点距離 可変開隔	1.00	5.99	16.10
D 5	0.17	5.42	6.90
D 13	7.05	1.81	0.33
D 18	4.07	3.07	4.11

*印非球面

非球面係数

R17 k=2.23235e+01 B=-5.82580e-03 C=-1.05814e-04 D=-1.52391e-05 E=0.00000e+00
R19 k=7.55412e-01 B=-3.56320e-03 C=-1.14992e-05 D=-1.20454e-05 E=0.00000e+00

[0065]

【外12】

数値実施例8

f=1~16.10		Fno=1.65~2.68	$2\omega = 59.0^\circ \sim 4.0^\circ$	
R 1 = 14.274	D 1= 0.30	N 1= 1.846660	ν 1= 23.8	
R 2 = 7.309	D 2= 1.01	N 2= 1.603112	ν 2= 60.7	
R 3 = -78.524	D 3= 0.04			
R 4 = 6.599	D 4= 0.58	N 3= 1.696797	ν 3= 55.5	
R 5 = 17.369	D 5= 可変			
R 6 = 8.182	D 6= 0.16	N 4= 1.882997	ν 4= 40.8	
R 7 = 1.559	D 7= 0.67			
R 8 = -6.012	D 8= 0.14	N 5= 1.882997	ν 5= 40.8	
R 9 = 10.283	D 9= 0.11			
R10 = 3.100	D10= 0.55	N 6= 1.846660	ν 6= 23.8	
R11 = -8.133	D11= 0.05			
R12 = -4.154	D12= 0.14	N 7= 1.772499	ν 7= 49.6	
R13 = 10.551	D13= 可変			
R14 = (絞り) D14= 0.68				
R15 = -3.512	D15= 0.18	N 8= 1.772499	ν 8= 49.6	
R16 = -15.411	D16= 0.32			
R17* = 11.773	D17= 0.81	N 9= 1.583128	ν 9= 59.4	
R18 = -3.512	D18= 可変			
R19* = 5.060	D19= 0.67	N10= 1.583128	ν 10= 59.4	
R20 = -25.181	D20= 0.30			
R21 = 13.185	D21= 0.18	N11= 1.846660	ν 11= 23.8	
R22 = 4.105	D22= 0.78	N12= 1.487490	ν 12= 70.2	
R23 = -5.634	D23= 0.35			
R24 = ∞	D24= 0.35	N13= 1.516330	ν 13= 64.2	
R25 = ∞	D25= 0.71			
R26 = ∞	D26= 0.24	N14= 1.550000	ν 14= 60.0	
R27 = ∞	D27= 3.54	N15= 1.589130	ν 15= 61.2	
R28 = ∞	D28= 0.42	N16= 1.520000	ν 16= 64.0	
R29 = ∞				

焦点距離 可変間隔	1.00	6.00	16.10
D 5	0.16	5.37	6.84
D 13	7.02	1.81	0.34
D 18	4.11	3.11	4.16

*印非球面

非球面係数

R17 k=2.24174e+01 B=-6.23144e-03 C=-1.05546e-04 D=-1.73115e-05 E=0.00000e+00
 R19 k=5.10561e-01 B=-3.44827e-03 C= 4.58683e-05 D=-1.23288e-05 E=0.00000e+00

【0066】

【外13】

数値実施例9

f=1~14.61		Fno=1.65~2.53	$2\omega = 59.0^\circ \sim 4.4^\circ$	
R 1 = 14.769	D 1= 0.30	N 1= 1.846660	ν 1= 23.8	
R 2 = 7.439	D 2= 0.99	N 2= 1.603112	ν 2= 60.7	
R 3 = -75.427	D 3= 0.04			
R 4 = 6.741	D 4= 0.57	N 3= 1.696797	ν 3= 55.5	
R 5 = 17.783	D 5= 可変			
R 6 = 6.595	D 6= 0.16	N 4= 1.882997	ν 4= 40.8	
R 7 = 1.830	D 7= 0.65	N 5= 1.882997	ν 5= 40.8	
R 8 = -4.918	D 8= 0.14	N 6= 1.846660	ν 6= 23.8	
R 9 = 7.350	D 9= 0.11	N 7= 1.772499	ν 7= 49.6	
R10 = 3.412	D10= 0.58			
R11 = -4.519	D11= 0.08			
R12 = -3.099	D12= 0.14			
R13 = 51.053	D13= 可変			
R14 = (絞り)	D14= 0.55	N 8= 1.772499	ν 8= 49.6	
R15 = -5.958	D15= 0.14	N 9= 1.846660	ν 9= 23.8	
R16 = 4.450	D16= 0.42			
R17 = 67.055	D17= 0.34	N10= 1.583126	ν 10= 59.4	
R18* = 6.761	D18= 0.85	N11= 1.846660	ν 11= 23.8	
R19 = -3.017	D19= 0.17			
R20 = -4.923	D20= 可変	N12= 1.516330	ν 12= 64.2	
R21* = 10.622	D21= 0.53	N13= 1.846660	ν 13= 23.8	
R22 = -12.034	D22= 0.03	N14= 1.516330	ν 14= 64.2	
R23 = 4.856	D23= 0.18			
R24 = 2.832	D24= 0.92	N15= 1.516330	ν 15= 64.2	
R25 = -11.264	D25= 可変			
R26* = -5.117	D26= 0.35	N16= 1.550000	ν 16= 60.0	
R27 = -4.790	D27= 0.71	N17= 1.589130	ν 17= 61.2	
R28 = ∞	D28= 0.24	N18= 1.520000	ν 18= 64.0	
R29 = ∞	D29= 3.54			
R30 = ∞	D30= 0.42			
R31 = ∞				

焦点距離	1.00	6.03	14.61
可変間隔			
D 5	0.16	5.41	6.89
D 13	7.03	1.78	0.30
D 20	3.46	2.26	3.03
D 25	0.71	1.91	1.14

*印非球面
非球面係数

R18 k=1.42924e+00 B=-3.77394e-03 C= 8.07351e-05 D=-4.17413e-05 E= 8.03871e-06
R21 k=1.02571e+01 B=-1.93447e-03 C=-8.46904e-05 D= 2.46044e-05 E=-3.54895e-06
R26 k=2.07625e-01 B=-3.08758e-04 C= 1.00476e-04 D= 1.13951e-05 E=-1.14348e-05

【0067】

【発明の効果】以上説明したように構成することにより、変倍比1.5以上と高変倍でFNo. 1.6程度と大口径を確保しながらも、色分解用プリズム等の光学素子やズームレンズ部の保護を目的とした光学素子が入るバックフォーカス空間を十分に確保しつつ全ズーム域・全物体距離にわたって良好な性能を有するリアフォーカス式のズームレンズの提供が可能になり、このズームレンズを用いて小型軽量高性能なレンズ着脱式ビデオカメラを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明に関する数値実施例1のレンズ断面図。
【図2】本発明に関する数値実施例2のレンズ断面図。
【図3】本発明に関する数値実施例3のレンズ断面図。
【図4】本発明に関する数値実施例4のレンズ断面図。
【図5】本発明に関する数値実施例5のレンズ断面図。
【図6】本発明に関する数値実施例6のレンズ断面図。
【図7】本発明に関する数値実施例7のレンズ断面図。
【図8】本発明に関する数値実施例8のレンズ断面図。

【図9】本発明に関する数値実施例9のレンズ断面図。

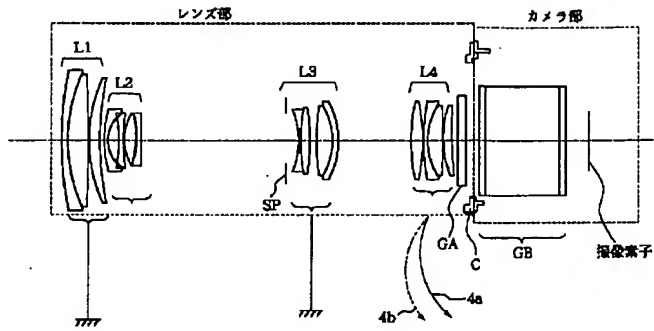
- 【図10】本発明に関する数値実施例1の諸収差図。
【図11】本発明に関する数値実施例2の諸収差図。
【図12】本発明に関する数値実施例3の諸収差図。
【図13】本発明に関する数値実施例4の諸収差図。
【図14】本発明に関する数値実施例5の諸収差図。
【図15】本発明に関する数値実施例6の諸収差図。
【図16】本発明に関する数値実施例7の諸収差図。
【図17】本発明に関する数値実施例8の諸収差図。
【図18】本発明に関する数値実施例9の諸収差図。
【図19】本発明に関するズームレンズの原理図。

【符号の説明】

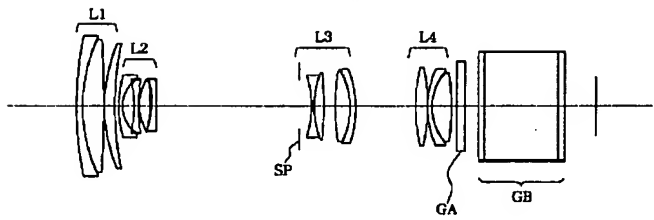
- L 1 第1レンズ群
L 2 第2レンズ群
L 3 第3レンズ群
L 4 第4レンズ群
g g線
d d線
 ΔM メリディオナル像面

ΔS サジタル像面

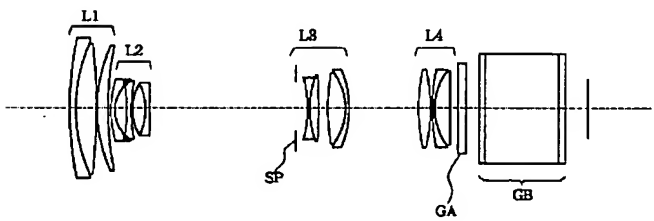
【図1】



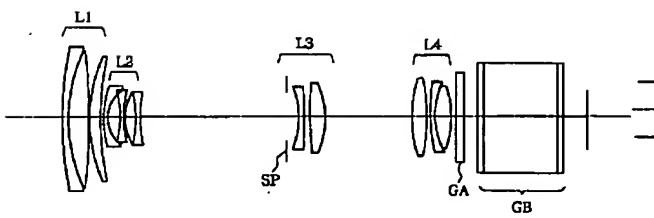
【図2】



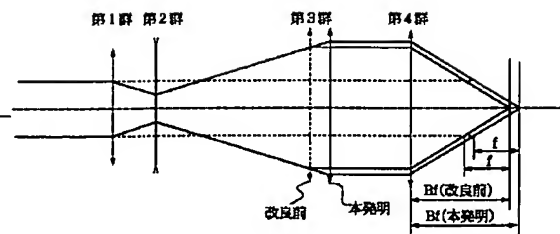
【図3】



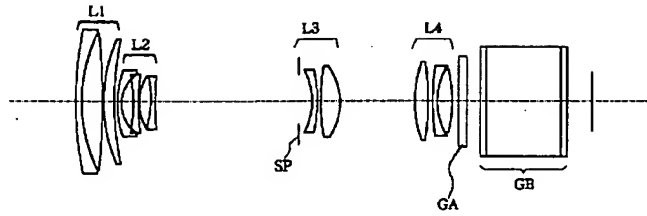
【図4】



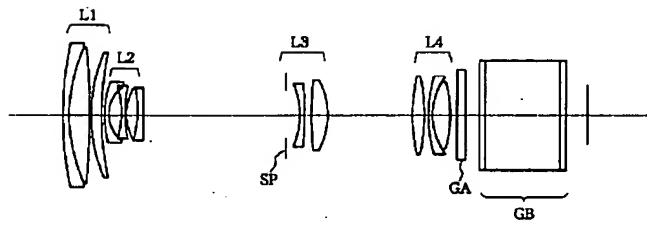
【図19】



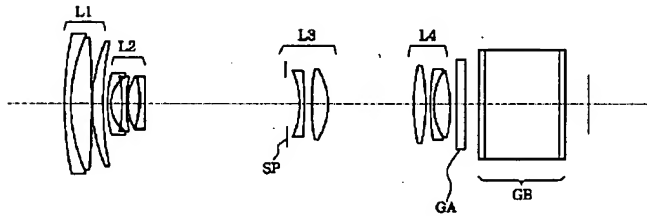
【図5】



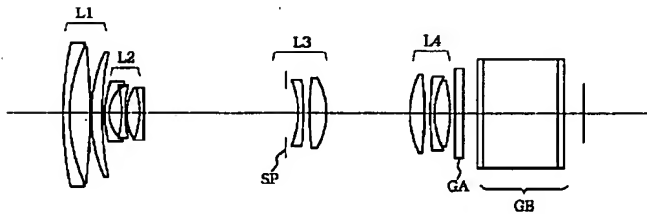
【図6】



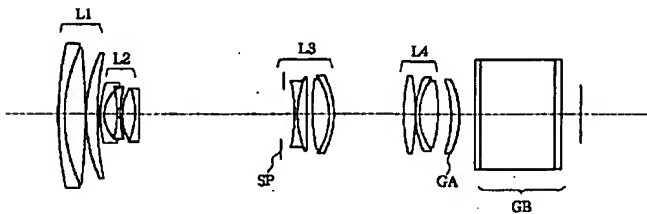
【図7】



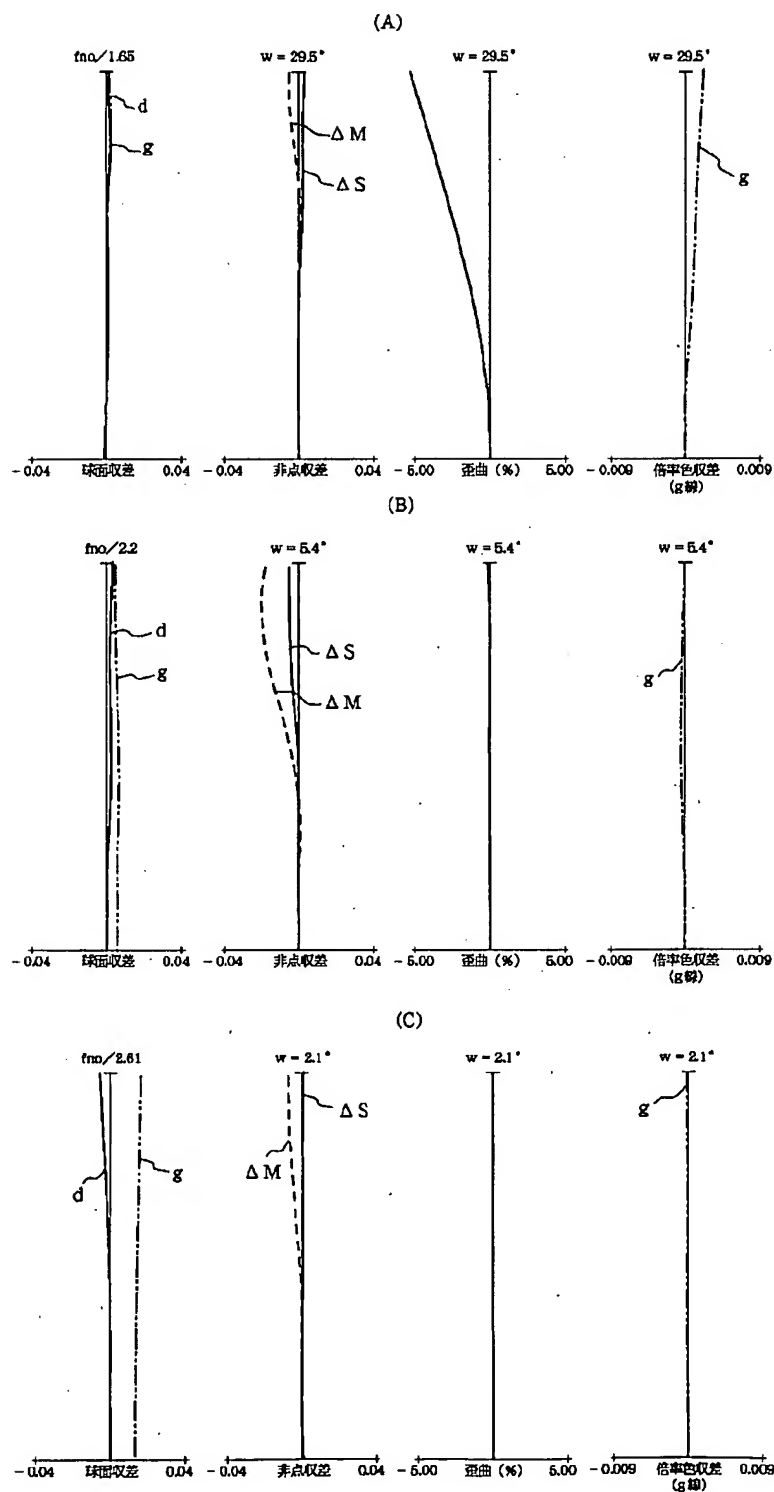
【図8】



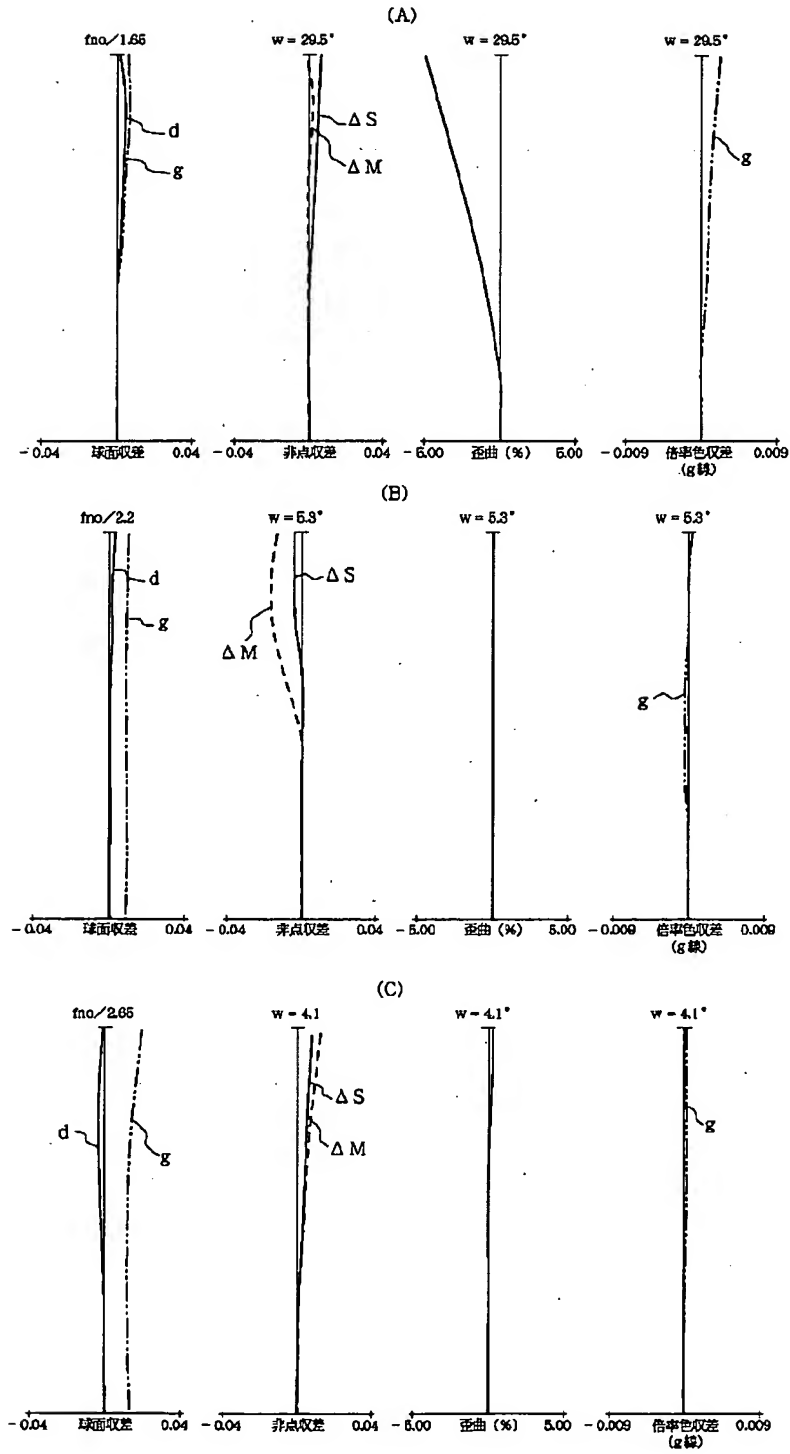
【図9】



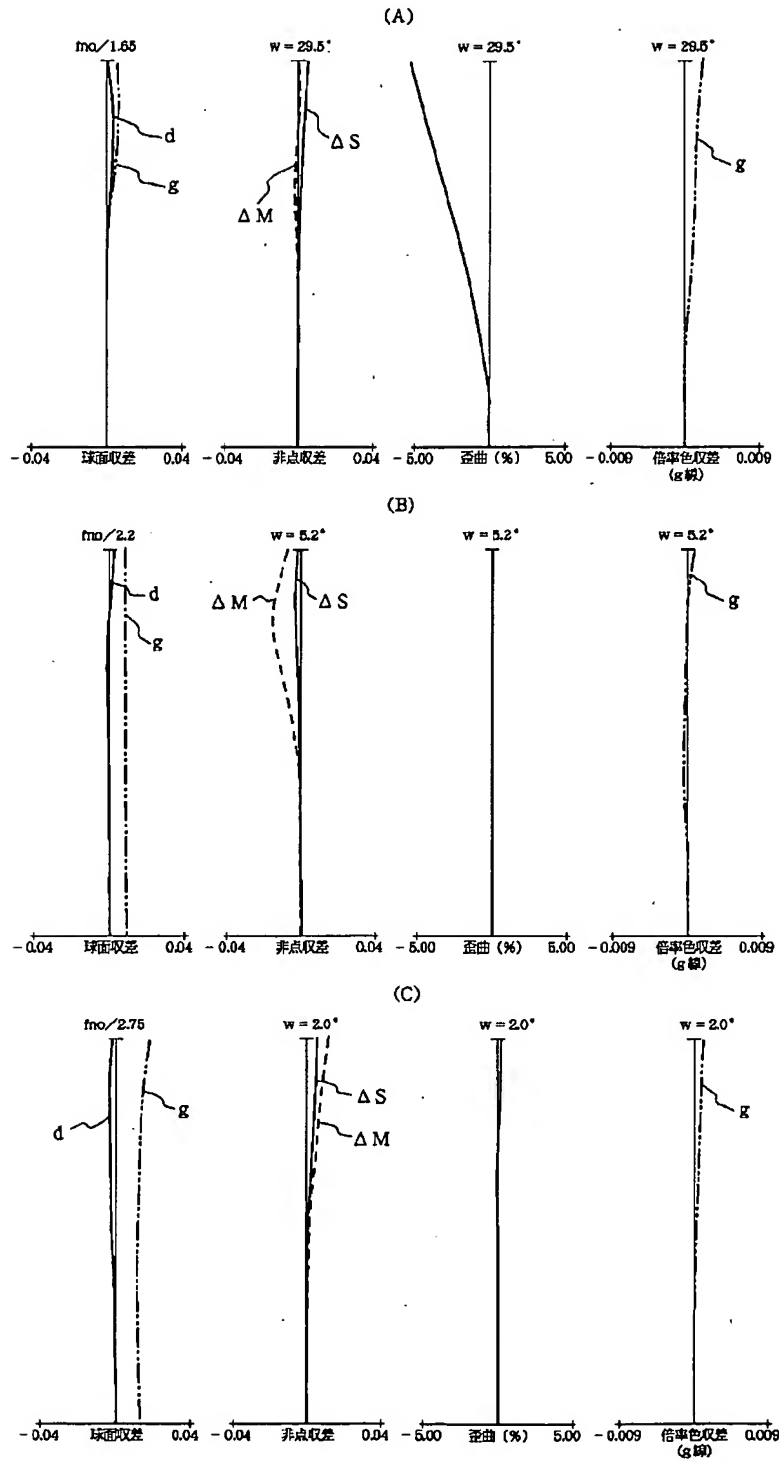
【図10】



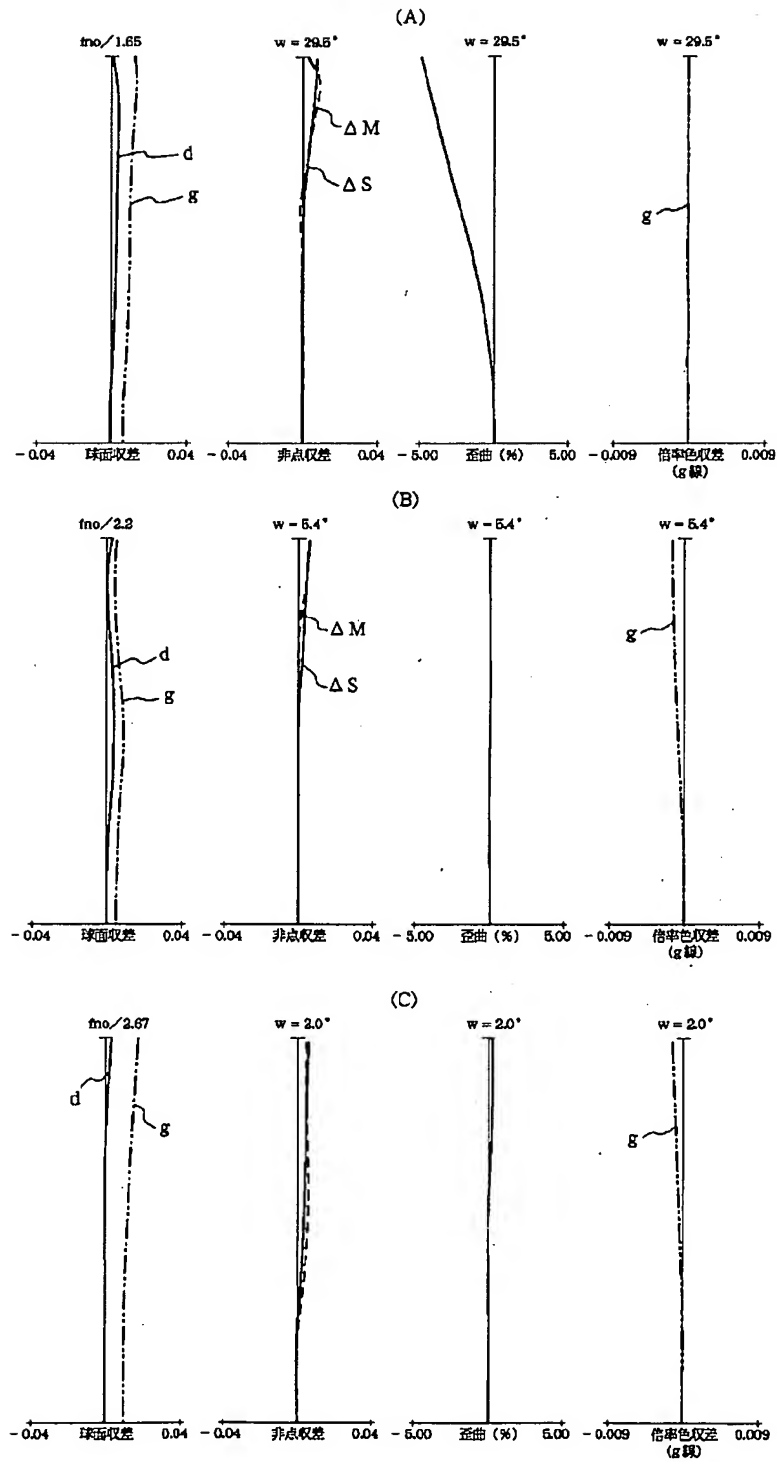
【図11】



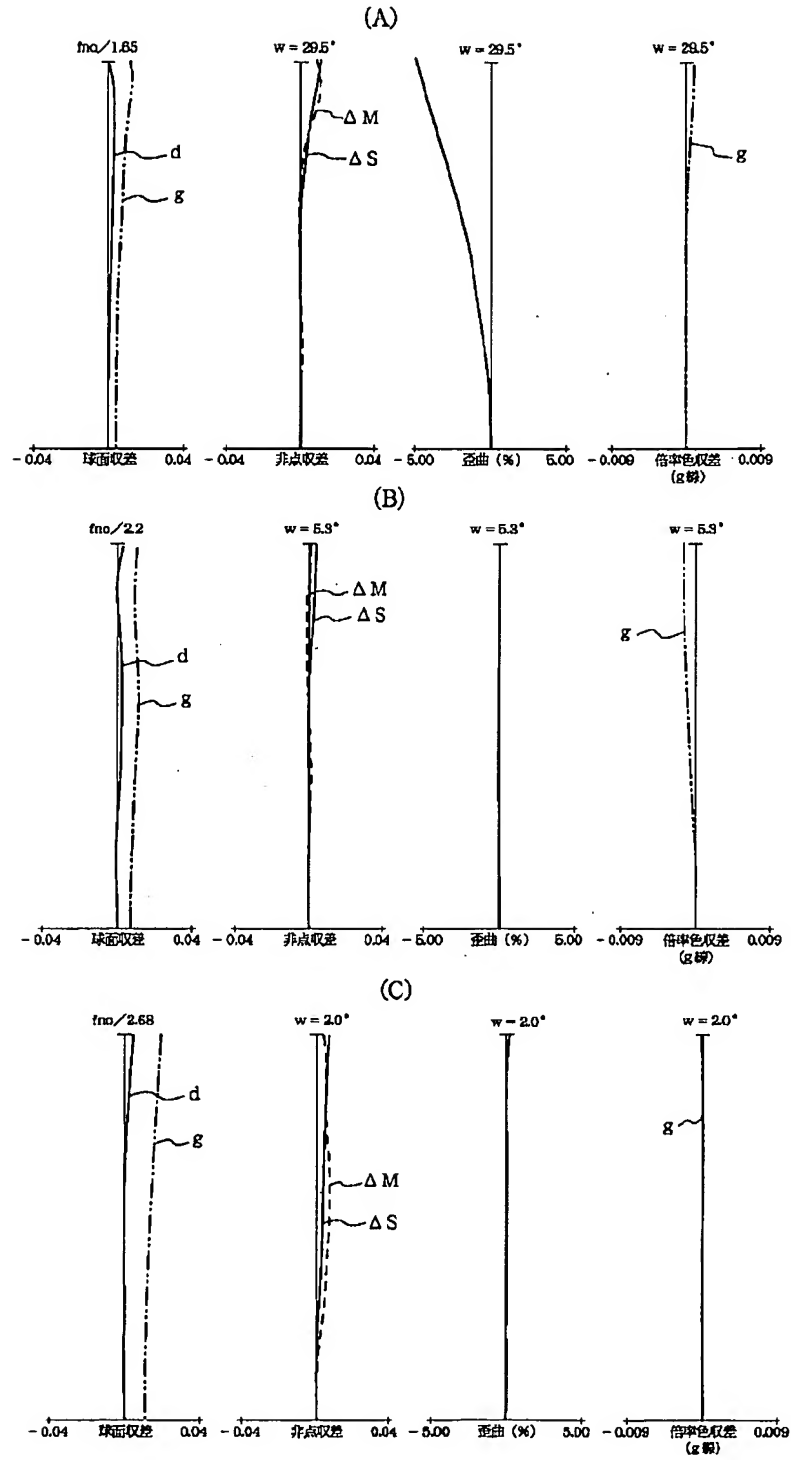
【図12】



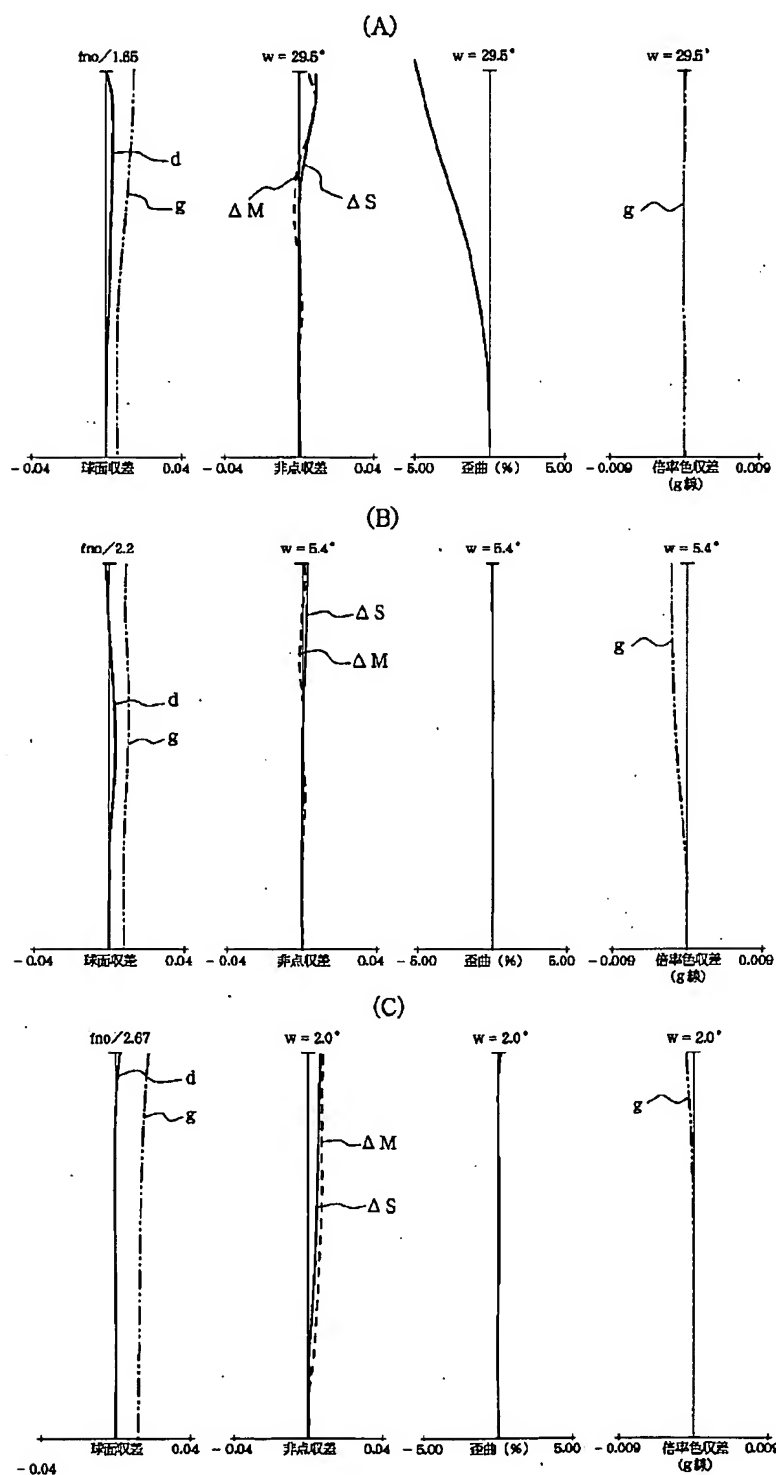
【図13】



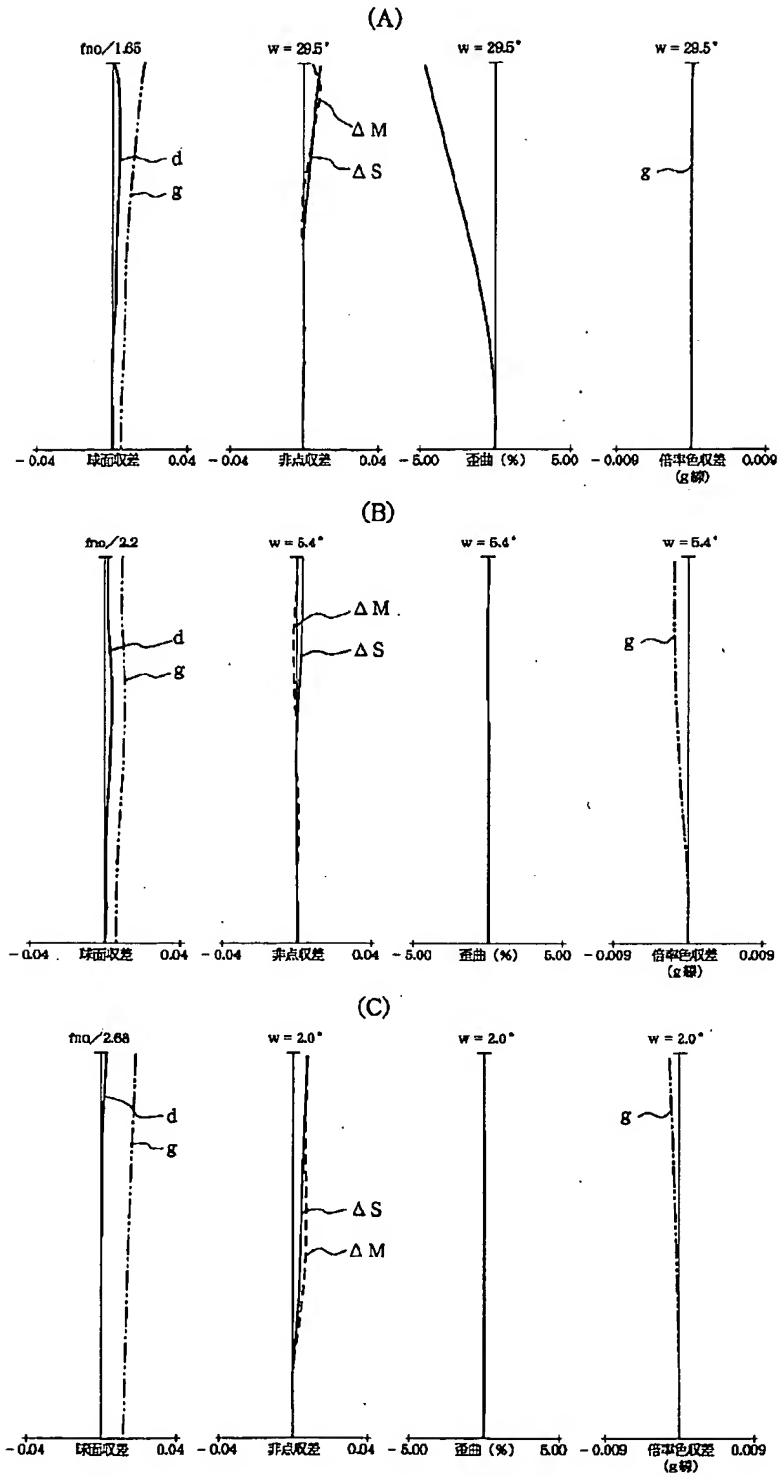
【図14】



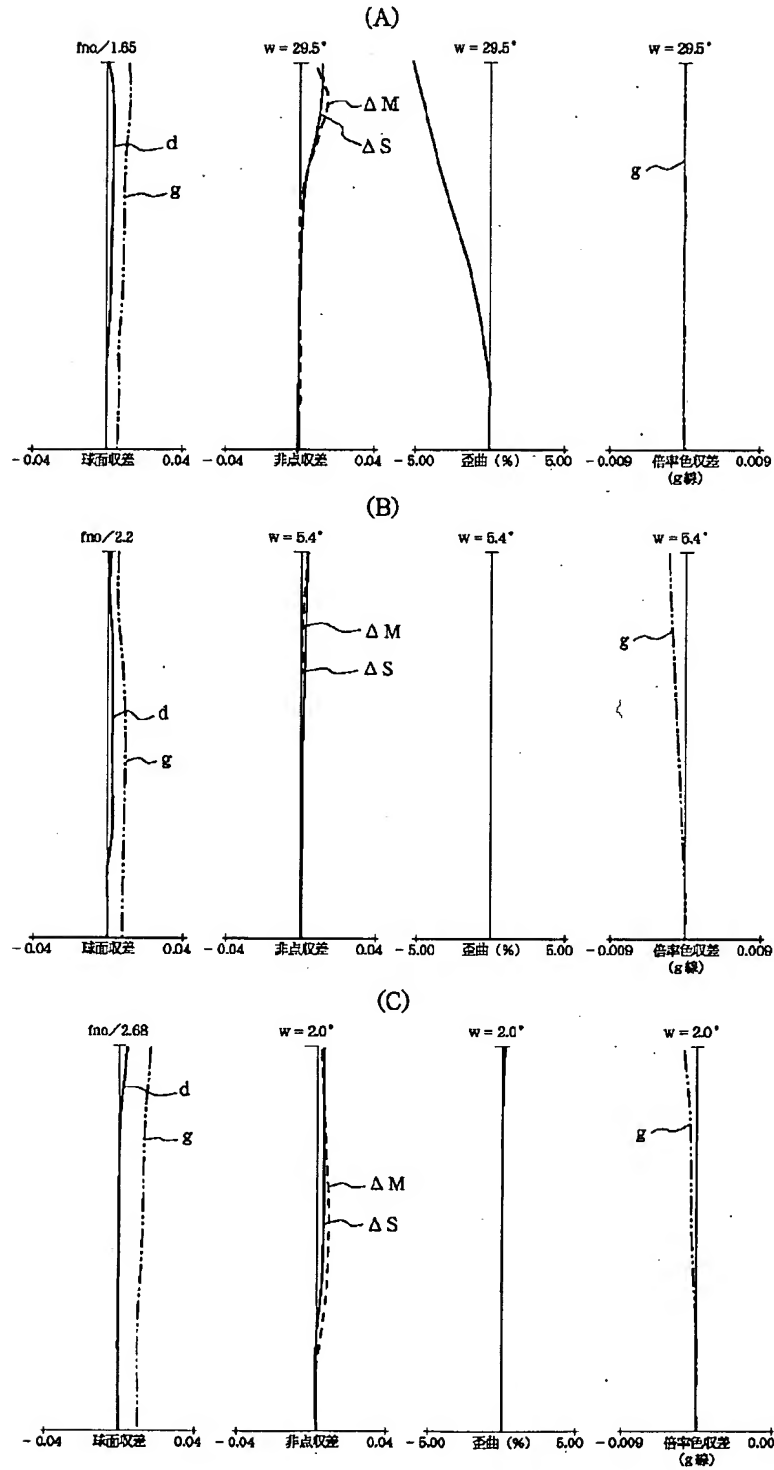
【図15】



【図16】



【図17】



【図18】

